

F3/3



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑰ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 198 04 371 A 1

⑯ Int. Cl. 6.  
B 23 H 1/00  
B 23 H 1/08

⑪ Aktenzeichen: 198 04 371.6  
⑫ Anmeldetag: 4. 2. 98  
⑬ Offenlegungstag: 13. 8. 98

DE 198 04 371 A 1

⑳ Unionspriorität:  
9-21214 04. 02. 97 JP  
  
㉑ Anmelder:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP  
  
㉒ Vertreter:  
HOFFMANN · EITLE, 81925 München

㉓ Erfinder:  
Nagata, Toshiya, Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Funkenerosionsmaschine für kleine Löcher und Funkenerosionsverfahren unter Verwendung einer derartigen Maschine

㉕ Eine Mittelelektrodenführung ist zwischen einer Elektrodenführung und einem Elektrodenhalter angeordnet. Eine Mittelelektrodenspannvorrichtung aus einem elastischen Gummikörper ist auf der Mittelelektrodenführung angeordnet. Die Mittelelektrodenspannvorrichtung weist ein Einführungsloch auf. Das Loch wird vergrößert, wenn eine Bearbeitungselektrode zur Herstellung kleiner Löcher in es eingeführt wird, um dieses Einführen zu erleichtern. Andererseits wird der Durchmesser des Lochs dadurch verringert, daß ein Kolben angetrieben wird, wenn die Elektrode vorgeschoben oder das Werkstück bearbeitet wird. Daher wird die Elektrode durch die Mittelspannvorrichtung festgehalten. Die Spannvorrichtung und die Elektrode werden überlagert gedreht, um eine Verschiebung der Elektrode zu verhindern.

DE 198 04 371 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher sowie ein Funkenerosionsverfahren, um feine Löcher herzustellen, unter Verwendung einer derartigen Maschine, zur Bearbeitung eines Werkstücks durch eine Bearbeitungselektrode für kleine Löcher.

Bei konventionellen Funkenerosionsmaschinen zur Herstellung kleiner Löcher, die eine kleine massive Elektrode oder rohrförmige Elektrode verwenden, wurden Versuche unternommen, die Auslenkung des Vorderendes der Elektrode zu verringern, um hierdurch eine exakte Herstellung kleiner Löcher zu erzielen.

Eine Führung zur Durchführung einer exakten Herstellung kleiner Löcher wird beispielsweise durch eine Mittelelektrodenführung gebildet, die in der japanischen Veröffentlichung eines offengelgten Patents Nr. 60-108234 beschrieben wird, eine geschnürte Führung, die in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents Nr. 1-164526 beschrieben wird, oder durch eine Lagerführung, wie sie in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents Nr. 07-285030 beschrieben ist.

Weiterhin wird ein Verfahren zur Verringerung von Störungen einer Bearbeitungselektrode durch ein Arbeitsfluid in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents Nr. 61-76219 beschrieben, wobei ein Verdickungsmittel zugefügt wird.

Bei derartigen Funkenerosionsmaschinen zur Herstellung kleiner Löcher sind jedoch die Bearbeitungselektroden nicht sehr steif, da ihr Durchmesser  $\phi$  nicht mehr als 0,3 mm, häufig sogar nicht mehr als 0,1 mm beträgt. Daher treten einige Schwierigkeiten auf, wie sie nachstehend noch genauer erläutert werden, wenn eine derartige massive oder hohle Elektrode verwendet wird. Selbst wenn die Mittel- oder Zwischenführung verwendet wird, wie sie in der voranstehend angegebenen Veröffentlichung Nr. 60-108234 beschrieben ist, oder eine ähnliche Führung, kann es schwierig sein, die Elektrode in die Elektrodenführung zur Herstellung feiner Löcher einzuführen. Darüber hinaus kann es schwierig sein, die Elektrode in die Mittelelektrodenführung oder dergleichen einzuführen, um die Auslenkung des Vorderendes der Elektrode zu verringern.

Wenn die Elektrode bei der Bearbeitung nicht ausreichend steif ist, wird die Elektrode zwischen einer Elektrodenhalterung und der Zwischenführung oder zwischen der Zwischenführung und der Elektrodenführung beim Vorschub der Elektrode gestört, selbst wenn die Zwischenführung vorgesehen ist. In diesem Fall ist es schwierig, einen ordnungsgemäßen Vorschub der Elektrode durchzuführen, wie er für die Bearbeitung erforderlich ist. Daher treten in der Hinsicht Schwierigkeiten auf, daß die Bearbeitungsgeschwindigkeit niedrig wird, daß keine große Bearbeitungstiefe erzielt werden kann, und daß die Bearbeitungszeit zunimmt, wodurch die Exaktheit der Herstellung eines Loches absinkt.

Bei dem Verfahren, welches in der voranstehend genannten Veröffentlichung Nr. 61-76219 beschrieben ist, und bei welchem ein Verdickungsmittel hinzugefügt wird, wird ein hergestelltes Loch als Führung verwendet. Hierdurch können die voranstehend geschilderten Probleme nicht gelöst werden, wie etwa die Schwierigkeit des Einführens der Elektrode in die Elektrodenführung oder die Zwischen- oder Mittelführung.

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Herstellung einer Funkenerosionsmaschine zur Herstellung kleiner Löcher und eines Funkenerosionsverfahrens, welches eine derartige Maschine einsetzt, bei welchen einfach

eine Bearbeitungselektrode zur Herstellung kleiner Löcher, die wenig steif ist, in eine Elektrodenführung und eine Mittel- oder Zwischenelektrodenführung eingeführt werden kann, und bei welchen die Bearbeitungsgenauigkeit dadurch verbessert werden kann, daß ein Vorschub der Elektrode erfolgt, wie er erforderlich ist, während eine Störung der Elektrode verhindert wird, wodurch die Tiefengrenze bei der Herstellung von Löchern vergrößert wird, so daß die Bearbeitungsgenauigkeit bei der Herstellung von Löchern verbessert wird.

Gemäß einer Zielrichtung der vorliegenden Erfindung weist eine Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher eine Bearbeitungselektrode zur Herstellung kleiner Löcher in einem Werkstück mittels elektrischer Entladung auf. Ein Elektrodenhalter dient zum Haltern der Bearbeitungselektrode. Eine Elektrodenführung führt die Bearbeitungselektrode bei der Annäherung an ein Werkstück. Eine Mittel- oder Zwischenlektrodenführung ist zwischen dem Elektrodenhalter und der Elektrodenführung vorgesehen.

10 5 Verbessert wird.

Gemäß einer Zielrichtung der vorliegenden Erfindung weist eine Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher eine Bearbeitungselektrode zur Herstellung kleiner Löcher in einem Werkstück mittels elektrischer Entladung auf. Ein Elektrodenhalter dient zum Haltern der Bearbeitungselektrode. Eine Elektrodenführung führt die Bearbeitungselektrode bei der Annäherung an ein Werkstück. Eine Mittel- oder Zwischenlektrodenführung ist zwischen dem Elektrodenhalter und der Elektrodenführung vorgesehen.

15 10 Eine Mittel- oder Zwischenlektrodenhalterung hält die Bearbeitungselektrode zwischen dem Elektrodenhalter und der Elektrodenführung, wenn die Bearbeitungselektrode das Werkstück mittels elektrischer Entladung bearbeitet.

Gemäß einer weiteren Zielrichtung der Erfindung weist

20 15 eine Funkenerosionsmaschine zur Herstellung kleiner Löcher eine Bearbeitungselektrode zur Herstellung eines kleinen Lochs in einem Werkstück mittels elektrischer Entladung auf. Ein Elektrodenhalter hält die Bearbeitungselektrode. Eine Elektrodenführung führt die Bearbeitungselektrode bei der Annäherung an das Werkstück. Eine Arbeits-

25 20 fluidzufuhrvorrichtung liefert ein Arbeitsfluid über eine Rohrleitung. Eine Axialflußdüse wird mit dem Arbeitsfluid von der Arbeitsfluidzufuhrvorrichtung über die Rohrleitung versorgt, so daß ein axialer Fluß entlang der Achse der Bearbeitungselektrode zur Elektrodenführung hin ausgebildet wird.

Gemäß einer weiteren Zielrichtung der vorliegenden Erfindung weist eine Funkenerosionsmaschine zur Herstellung kleiner Löcher eine Bearbeitungselektrode zur Herstellung

30 25 eines kleinen Löcher in einem Werkstück mittels elektrischer Entladung auf. Ein Elektrodenhalter hält die Bearbeitungselektrode. Eine Elektrodenführung führt die Bearbeitungselektrode bei der Annäherung an das Werkstück. Eine Arbeits-

35 30 fluidzufuhrvorrichtung liefert ein Arbeitsfluid über eine Rohrleitung. Eine Axialflußdüse wird mit dem Arbeitsfluid von der Arbeitsfluidzufuhrvorrichtung über die Rohrleitung versorgt, so daß ein axialer Fluß entlang der Achse der Bearbeitungselektrode zur Elektrodenführung hin ausgebildet wird.

Gemäß einer weiteren Zielrichtung der vorliegenden Erfindung weist eine Funkenerosionsmaschine zur Herstellung kleiner Löcher eine Bearbeitungselektrode zur Herstellung

40 35 eines kleinen Löcher in einem Werkstück mittels elektrischer Entladung auf. Ein Elektrodenhalter hält die Bearbeitungselektrode. Eine Elektrodenführung führt die Bearbeitungselektrode bei der Annäherung an das Werkstück. Die Bearbeitungselektrode ist mit Ausnahme ihres Abschnitts,

45 40 mit welchem sie an dem Elektrodenhalter gehalten ist, mit einem Beschichtungsmaterial beschichtet. Das Beschichtungsmaterial ist bei üblichen Temperaturen fest. Eine beschichtete Elektrodenführung ist auf der Oberseite der Elektrodenführung so vorgesehen, daß sie das Ende der Bearbeitungselektrode führt, welches mit dem Beschichtungsmaterial beschichtet ist. Auf der Oberseite der Elektrodenführung

50 45 ist eine Heizvorrichtung vorgesehen. Die Heizvorrichtung legt Wärme, die dazu ausreicht, den Schmelzpunkt des Beschichtungsmaterials zu überschreiten, an das Beschichtungsmaterial an, welches die Bearbeitungselektrode bedeckt, um so das Beschichtungsmaterial in der beschichteten Elektrodenführung zu schmelzen.

Gemäß einer weiteren Zielrichtung der vorliegenden Erfindung wird bei einem Funkenerosionsverfahren zur Herstellung kleiner Löcher eine Bearbeitungselektrode zur Herstellung

60 50 kleiner Löcher durch eine Mittel- oder Zwischenlektrodenführung gehalten, die zwischen einer Elektrodenhalterung und einer Elektrodenführung vorgesehen ist. Das Ende der Bearbeitungselektrode für kleine Löcher, die an

65 55 dem Elektrodenhalter angebracht ist, nähert sich an ein Werkstück über die Elektrodenführung an, wodurch eine Funkenerosionsbearbeitung (Bearbeitung mit elektrischer Entladung) durchgeführt wird. Bei der Durchführung der

Funkenerosionsbearbeitung wird die Bearbeitungselektrode zur Herstellung kleiner Löcher durch die Zwischen- oder Mittelelektrodenführung gehalten, so daß der Elektrodenhalter, die Bearbeitungselektrode zur Herstellung kleiner Löcher sowie die Mittel- oder Zwischenelektrodenführung als vereinigtes Teil bewegt werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert, aus welchen weitere Vorteile und Merkmale hervorgehen. Es zeigt:

**Fig. 1** eine schematische Ansicht des Aufbaus einer Funkenerosionsmaschine zur Herstellung kleiner Löcher gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

**Fig. 2** eine vergrößerte Ansicht eines Mechanismus um eine Spannzange herum bei der ersten Ausführungsform der Funkenerosionsmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 3** eine vergrößerte Ansicht eines Hauptteils einer Mittel- oder Zwischenführung bei der ersten Ausführungsform der Funkenerosionsmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei die Mittel- oder Zwischenelektrodenführung die Bearbeitungselektrode freigibt;

**Fig. 4** eine vergrößerte Ansicht eines Hauptteils der Mittel- oder Zwischenführung bei der ersten Ausführungsform der Funkenerosionsmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei die Mittel- oder Zwischenelektrodenführung die Bearbeitungselektrode festhält;

**Fig. 5A** bis **5D** schematisch einen Betriebsablauf bei der ersten Ausführungsform der Funkenerosionsmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 6** ein Flußdiagramm eines gesamten Bearbeitungsverfahrens, welches von der ersten Ausführungsform der Funkenerosionsmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird;

**Fig. 7** ein Flußdiagramm, welches Einzelheiten eines Vorgangs **130** in **Fig. 6** zeigt;

**Fig. 8** ein Flußdiagramm von Einzelheiten eines Kopfhebevorgangs eines Vorgangs **180** in **Fig. 6**:

**Fig. 9** ein Flußdiagramm von Einzelheiten eines Mittel- oder Zwischenelektrodenführungshebevorgangs eines Vorgangs **220** in **Fig. 6**:

**Fig. 10** eine schematische Ansicht des Aufbaus einer Funkenerosionsmaschine zur Herstellung kleiner Löcher gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

**Fig. 11** eine vergrößerte Ansicht eines Zustands, in welchem eine Mittel- oder Zwischenelektrodenspannzange die Bearbeitungselektrode freigibt;

**Fig. 12** eine vergrößerte Ansicht eines Zustands, in welchem die Mittel- oder Zwischenelektrodenspannzange die Bearbeitungselektrode festhält;

**Fig. 13** eine schematische Ansicht des Aufbaus einer Funkenerosionsmaschine zur Herstellung kleiner Löcher gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 14** eine vergrößerte Schnittansicht eines Elektrodenhalters bei der dritten Ausführungsform der Funkenerosionsmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung; und

**Fig. 15** eine schematische Ansicht des Aufbaus einer Funkenerosionsmaschine zur Herstellung kleiner Löcher gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 1** zeigt den Aufbau einer Funkenerosionsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Wie aus **Fig. 1** hervorgeht, ist eine Bearbeitungselektrode **1** zur Herstellung kleiner Löcher hohl oder rohrförmig ausgebildet. Ihr Außendurchmesser  $\phi$  beträgt nicht mehr als 0,3 mm, vorzugsweise nicht mehr als 0,1 mm. Ein Werkstück **2** wird an einem Ort gegenüberliegend der Bearbei-

wungselektrode **1** angeordnet. Ein Elektrodenhalter **3** ist dazu ausgebildet, die Bearbeitungselektrode **1** zu halten. Eine Spannzange **4** ist auf dem Elektrodenhalter **3** dazu vorgesehen, die Bearbeitungselektrode **1** zu ergreifen und an dem

**5** Elektrodenhalter **3** zu befestigen. Eine Spindel **5** hält und dreht die Elektrode **1** und den Elektrodenhalter **3**. Ein Spindelmotor **6** treibt die Spindel **5** an, um hierdurch die Elektrode **1** und den Elektrodenhalter **3** zu drehen. Ein Klemmemechanismus **4** dient dazu, die Bearbeitungselektrode **1** und den Elektrodenhalter **3** an der Spindel **5** festzuhalten. Eine Elektrodenführung **8** ist auf einem Führungshalter **9** gehalten. Ein Führungsarm **10** hält den Führungshalter **9**. Der Führungshalter **10** ist einstellbar, so daß seine Position in Axialrichtung der Spindel **5** geändert werden kann.

Eine Mittel- oder Zwischenelektrodenspannvorrichtung **11** ist hohzyndrisch ausgebildet. Die Spannvorrichtung **11** besteht aus einem elastischen Körper, der beispielsweise aus einem Nitrikautschuk, einem Fluorkautschuk oder dergleichen besteht. Der Innendurchmesser der Spannvorrichtung **11** ist größer als der Außendurchmesser der Bearbeitungselektrode **1**. Die Zwischen- oder Mittelspannvorrichtung **11** bildet die Elektrodenhalterungsvorrichtung. Eine Mittel- oder Zwischenelektrodenspannvorrichtungshalterung **12** trägt die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung **11**. Ein Lager **13** hält die Zwischenspannvorrichtung **11** und die Spannvorrichtungshalterung **12** so, daß sie sich frei um die Achse einer Zentrumslöcherbohrung des Lagers **13** drehen können. Ein Mittel- oder Zwischenelektrodenführungsarm **14** hält die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung **11** usw.

**20** Ein Kopf **15** trägt die Spindel **5** und bewegt sich entlang der Achse der Spindel **5**. Eine Kugellagerbuchse **16** ist am Kopf **15** angebracht. Die Kugellagerbuchse **16** hält den Zwischen- oder Mittelelektrodenführungsarm **14** so, daß er sich parallel zur Achse der Spindel **5** bewegen kann. Eine **25** Bremse **17** wird durch den Kopf **15** gehalten. Die Bremse **17** ist dazu ausgebildet, die Bewegung des Mittel- oder Zwischenelektrodenführungsarms **14** anzuhalten. Eine Buchse **18** ist gleitbeweglich in eine Innenwandoberfläche der Spannvorrichtungshalterung **12** eingepaßt. Der Innendurchmesser der Buchse **18** ist größer als der Außendurchmesser der Bearbeitungselektrode **1**. Die Buchse **18** ist an der Oberseite der Zwischen- oder Mittelelektrodenspannvorrichtung **11** angebracht. Ein Lager **19** hält die Buchse **18** so, daß sich die Buchse **18** frei um ihre Achse drehen kann. Eine **30** Buchsenmontagenplatte **20** hält das Lager **19**.

Ein Führungsstift **21** führt die Buchsenmontagenplatte **20** so, daß sie sich parallel zum Mittel- oder Zwischenführungsarm **14** und der Achse der Mittel- oder Zwischenelektrodenspannvorrichtung **11** bewegen kann. Ein Zylinder **22** ist mit einer oberen Kammer **22a** und einer unteren Kammer **22b** versehen. Der Zylinder **22** bewegt die Buchsenmontageplatte **20** parallel zum Zwischen- oder Mittelführungsarm **14** und zur Achse der Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung **11**. Ein Magnetventil **28** ist über Rohrleitung an den **35** Zylinder **22** angeschlossen. Das Magnetventil **23** schaltet die Luftzufuhr und den Luftausstoß für die obere Kammer **22a** und die untere Kammer **22b**, für den Betrieb des Zylinders **22**. Eine konische Elektrodenführung **24** ist auf der Buchse **18** befestigt. Ein Drehgelenk **25** ist an der Achse der Spindel **5** angebracht. Eine Arbeitsfluidversorgungsquelle **26** als Arbeitsfluidliefervorrichtung liefert das Arbeitsfluid an das Vorderende der Bearbeitungselektrode **1** über das Drehgelenk **25**, eine Rohrleitung **26a** und ein Zentrumslöcher der hohlen Bearbeitungselektrode **1**.

**40** Eine Zwischen- oder Mittelelektrodenführung **27** besteht aus der Zwischen- oder Mittelspannvorrichtung **11**, der Zwischen- oder Mittelhalterung **12**, dem Lager **13**, dem Mittel- oder Zwischenarm **14** usw.

Der Kopf 15 und der Mittel- oder Zwischenarm 14 sind jeweils mit einem an sich bekannten Antriebsmechanismus versehen, der nicht dargestellt ist. Daher können sich der Kopf 15 und der Mittel- oder Zwischenarm 14 jeweils parallel zur Achse der Spindel 5 bewegen.

Fig. 2 zeigt vergrößert einen Mechanismus der Spannzange 4 usw., die in Fig. 1 dargestellt ist. In Fig. 2 sind die gleichen oder entsprechenden Bauteile mit gleichen oder entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet.

Ein Spannzangenhalter 45 weist einen konischen Abschnitt auf, der innen am unteren Ende vorgesehen ist, um die Spannzange 4 zu verengen. Eine Dichtung 46 ist oberhalb des konischen Abschnitts innerhalb des Spannzangenhalters 45 angeordnet. Das obere Ende der Elektrode 1 geht durch die Dichtung 46 hindurch. Eine Mutter 47 ist auf den Außenumfang des unteren Endes des Spannzangenhalters 45 aufgeschraubt. Die Mutter 47 zwingt die Spannzange 4 in Fig. 2 nach oben, so daß diese durch den konischen Abschnitt des Spannzangenhalters 45 befestigt wird. Eine Zugstange 48 ist auf dem Halter 3 oder über dem Spannzangenhalter 45 angeordnet.

Fig. 3 zeigt vergrößert ein Hauptteil, nämlich die Mittel- oder Zwischenführung 27 usw., wobei die Bearbeitungselektrode 1 von der Mittel- oder Zwischenführung 27 freigegeben wird. In Fig. 3 werden dieselben oder entsprechende Bauteile mit denselben oder entsprechenden Bezugsziffern wie in Fig. 1 bezeichnet.

In den einzelnen ist in Fig. 3 ein Zustand dargestellt, in welchem über das Magnetventil 28 Luft der oberen Kammer 22b des Zylinders 22 zugeführt wird, wogegen Luft von der oberen Kammer 22a abgezogen wird. Dann wird die Buchsenmontageplatte 20 nach oben bewegt, so daß die Buchse 18 von der Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 getrennt ist, und nicht auf diese drückt.

In diesem Zustand wirken auf die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 daher keine externen Kräfte oder Drücke ein. Der Innendurchmesser der Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 wird daher größer als der Außen- durchmesser oder die Außenkontur der Bearbeitungselektrode 1. Zu diesem Zeitpunkt wird der Durchmesser der Innenoberfläche der Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 größer als der Innendurchmesser im Arbeitszustand. Daher wird ein Spalt zwischen der Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 und der Elektrode 1 ausgebildet, so daß die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 die Elektrode 1 freigibt. Eine Entfernung 81 wird in diesem Zustand zwischen einer unteren Oberfläche der Buchsenmontageplatte 20 und einer oberen Oberfläche eines horizontal verlaufenden unteren Abschnitts des Zwischen- oder Mittelführungsarms 14 ausgebildet.

In Fig. 4 ist vergrößert ein Hauptteil dargestellt, nämlich die Mittel- oder Zwischenführung 27 usw., und zwar in einem Zustand, in welchem diese Führung 27 die Bearbeitungselektrode 1 festhält.

Genauer gesagt ist in Fig. 4 ein Zustand dargestellt, in welchem Luft der oberen Kammer 22a des Zylinders 22 über das Magnetventil 23 zugeführt wird, wogegen die Luft aus der oberen Kammer 22b abgezogen wird. Dann wird die Buchsenmontageplatte 20 von der in Fig. 3 dargestellten Position aus nach unten bewegt, so daß die Buchse 18 die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 berührt und nach unten drückt.

Daher wird die Zwischen- oder Mittelspannvorrichtung 11 elastisch verformt, so daß ihr Innendurchmesser kleiner wird als die Außenkontur der Bearbeitungselektrode 1. Daher wird, wie in Fig. 4 gezeigt, die Elektrode durch die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 festgehalten, zur Bearbeitung des Werkstücks 2 und dergleichen. Hierbei

wird, wenn sich die Bearbeitungselektrode 1 dreht, die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11, welche die Bearbeitungselektrode 1 festhält, über die Lager 18 und 19 gedreht.

Wenn die Entfernung zwischen der unteren Oberfläche 5 der Buchsenmontageplatte 20 und der oberen Oberfläche des unteren Abschnitts des Zwischen- oder Mittelarms 14 in diesem Zustand mit  $\delta_2$  bezeichnet wird, ist die Beziehung zwischen den Entfernungen  $\delta_1$  und  $\delta_2$  folgendermaßen:  $\delta_1 > \delta_2$ .

Die Fig. 5a bis 5d zeigen schematisch die Bewegungszustände der wie voranstehend geschilderten aufgebauten Funkenerosionsmaschine.

Fig. 5a zeigt einen Zustand, in welchem die Elektrode montiert ist. Figur 5b zeigt einen Zustand, in welchem die Elektrode 1 in die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 eingeführt ist. Fig. 5c

zeigt einen Zustand, in welchem die Elektrode 1 in die Elektrodenführung 8 eingeführt ist, während der Bearbeitung des Werkstücks 2. Fig. 5d zeigt einen Zustand, in welchem die Bearbeitung beendet ist, oder die Elektrode 1 ausgetauscht wird usw. Einzelheiten sind bei jedem der nachstehend geschilderten Vorgänge angegeben.

#### Betrieb bei der ersten Ausführungsform

Der Betrieb der Funkenerosionsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform wird nachstehend unter Bezugnahme auf ein Flußdiagramm geschildert, welches die einzelnen Betriebsvorgänge darstellt.

30 Fig. 6 zeigt den Gesamtverlauf der Bearbeitungsoperationen der Funkenerosionsmaschine als Flußdiagramm.

Wenn der Bearbeitungsvorgang begonnen wird, beispielsweise nach Einschalten der Stromversorgung, wird zunächst in die Funkenerosionsmaschine Bearbeitungsinformation eingegeben, beispielsweise ein zu bearbeitendes Teil, das Ausmaß des Vorschubes für die Herstellung eines Lochs, das maximale Ausmaß des Vorschubs, und dergleichen, von einer Floppy Disk (FD) oder einer anderen Speicheranordnung, beispielsweise einem (nicht gezeigten) internen Speicher, und zwar im Schritt 100. Daraufhin ordnet im Schritt 110 die Funkenerosionsmaschine Parameter zu, beispielsweise das Ausmaß des Vorschubes für die Lochbearbeitung, das maximale Ausmaß des Vorschubes der Elektrode 1, usw. Die voranstehend geschilderten Vorgänge sind bekannt und werden auf herkömmliche Art und Weise durchgeführt. Ein Benutzer führt diese Operationen durch, während Daten auf eine Anzeigevorrichtung wie beispielsweise den Bildschirm einer Kathodenstrahlröhre (CRD) (nicht gezeigt) angezeigt werden, diese Daten bestätigt werden, usw.

Daraufhin wird in einem Elektrodenmontageschritt, also im Schritt 120, die Elektrode 1 an der Spindel 5 montiert. Dieser Schritt wird dadurch durchgeführt, daß der Elektrodenhalter 3 mit der Bearbeitungselektrode 1 angebracht wird, die an der Spindel 5 angebracht ist. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich die Mittel- oder Zwischenführung 27 in einer unteren Position, nämlich in einer Position in der Nähe der Elektrodenführung 8, um die Montage der Elektrode 1 zu vereinfachen. Dieser Zustand ist der Zustand mit angebrachter Elektrode, der in Fig. 5a gezeigt ist. Nach Anbringung auf der Spindel 5 im Schritt 120 wird im Schritt 130 die Bearbeitungselektrode 1 zu einer Bearbeitungsstartposition bewegt, und zwar durch einen Vorgang, der im einzelnen in Fig. 7 dargestellt ist.

65 Fig. 7 zeigt Einzelheiten des Betriebs bei dem Schritt 130 von Fig. 6.

Bei diesem Vorgang ist zunächst die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 vollständig lose eingestellt, im

Mittel- oder Zwischenspannvorrich-  
**Fig. 4** gezeigt, wodurch die Bearbei-  
tungselektrode 1 gespannt wird. Die Mittel- oder Zwi-  
schenspannvorrichtung 11 sollte die Bearbeitungselektrode  
Position festhalten, daß der Bearbei-  
tungselektrode 1 nicht beeinträchtigt  
wird, wenn sie sich im Schritt 135  
gegenüber dem unteren Ende der  
Buchse 12 vorspringt.

Das Ausmaß des Verschleißes der Elektrode  
der Bearbeitungselektrode 1 zwischen  
der Führung 27 und dem Kopf 15 ist  
die Vorsprungslänge der Elektrode 1 gegenüber  
des Mittel- oder Zwischenhalters 12.  
Die Bearbeitungselektrode 1 durch den Mittel-  
halter 12 festgehalten wird, können sich die  
Spannvorrichtung 11 und die Buchse 12  
Achse drehen, nämlich infolge der La-  
mellen 13, kann sich auch die Bearbeitungselek-  
trode 1 durch Drehung der Spindel 5 drehen.  
In Schritten 135 und 136 können auch  
nfolge durchgeführt werden. Darüber  
hinaus nicht dargestellt ist, die erste Aus-  
kenerosionsmaschine zusätzlich einen  
die Mittel- oder Zwischenelektroden-  
aufweisen, damit die Drehung der Mit-  
annvorrichtung 11 und der Spindel 5  
verhindert werden.

durch die Bremse 17 im Schritt 135  
die Elektrode 1 durch die Spannvor-  
richtung 11 festgehalten wird, daß sie sich im Schritt 136  
können sich die Elektrode 1, der Kopf 15, die  
Führung 27 zusammen bewegen. In  
die Elektrode 1, der Kopf 15, der  
Führung 27 als gemeinsames Teil nach unten  
die Elektrode 1 durch die Spindel 5 ge-  
führt wird, so daß das Ende der Bearbei-  
tungselektrode 1 über die Elektrodenführung 8  
gerade berührt das Ende der Bearbei-  
tungselektrode 2 über die Elektrodenfüh-  
rung 8. Dieser Zustand ist in

7 und 138 bewegen sich die Elektrode  
die Führung 27 als ein Teil nach unten  
hrend der Kopf den oberen Abschnitt  
hält, und die Mittel- oder Zwischenfüh-  
rung 8 hält. Daher wirkt kaum  
Spannung oder eine Kraft auf den Teil der  
Spindel 5 und der Mittel- oder  
Zwischenführung 8 in Axialrichtung ein. Daher gibt es  
der Auslenkung der Bearbeitungselek-

trode 1 verringert wer-  
denn das Ausmaß des Verschleißes der  
Buchse 12 ist deren Länge zwischen der Füh-  
rung 27 und dem Kopf 15 größer als ihre Vorsprungslänge  
an Ende der Zwischen- oder Mittelhalter 12  
keine mechanische Spannung oder eine  
die Elektrode 1 in Axialrichtung einwirkt, wenn  
die Elektrodenführung 8 eingeführt wird,  
zungen der Elektrode 1 verringert wer-

biler Vorschub der Bearbeitungselek-  
trode 1 das Werkstück 2 auf sichere Weise  
widerstandsfähigkeit bearbeitet werden kann. Da  
die Bearbeitungselektrode 1 gering ist, wird  
die Genauigkeit der Bearbeitung verbessert.  
des Vorgangs im Schritt 130 von **Fig. 7**

geht der Betriebsablauf zum Schritt 140 in Fig. 6 über. Im Schritt 140 wird eine Spannung an die Bearbeitungselektrode 1 angelegt, durch eine nicht dargestellte Spannungsanlegungsvorrichtung oder dergleichen, wodurch das Werkstück 2 durch normale Funkenerosionsbearbeitung bearbeitet wird.

Bei der Funkenerosionsbearbeitung im Schritt 140 sind der Kopf 15, der Arm 14 und die Führung 27 miteinander verriegelt, und werden als gemeinsames Teil nach unten bewegt, so daß die Elektrode 1 nach unten vorgeschoben wird, entsprechend der fortschreitenden Bearbeitung.

Weiterhin werden bei der Funkenerosionsbearbeitung im Schritt 140 verschiedene Entscheidungen durchgeführt, um mehrere Operationen durchzuführen, damit die Bearbeitung exakt erfolgt. Beispielsweise wird im Schritt 150 festgestellt, ob der Vorschubbetrag der Elektrode 1 in Axialrichtung oder in Richtung der Z-Achse das maximale Ausmaß des Vorschubes erreicht oder nicht. Im Schritt 160 wird festgestellt, ob das Ausmaß des Vorschubes in Richtung der Z-Achse seit Beginn der Bearbeitung den Lochbearbeitungsvorschubbetrag erreicht oder nicht. Im Schritt 170 wird festgestellt, ob die Entfernung zwischen der Mittel- oder Zwischenführung 27 und der Elektrodenführung 8 kürzer als ein vorbestimmter Wert ist oder nicht.

Im einzelnen bedeutet, wenn im Schritt 150 die Antwort "JA" ist, daß zwar die Bearbeitung des Werkstücks 2 nicht beendet ist, jedoch der Vorschubbetrag für die Elektrode 1 in Richtung der Z-Achse den maximalen Vorschubbetrag erreicht hat. Die Bearbeitungselektrode 1 ist daher infolge ihres Verschleißes zu kurz geworden, und es ist unmöglich, durch weiteren Vorschub der Elektrode 1 eine Bearbeitung durchzuführen. Daher wird zum Austausch der Bearbeitungselektrode 1 der Kopf 15 in Bezug auf den Mittel- oder Zwischenarm 14 und die Mittel- oder Zwischenführung 27 angehoben, durch den Betriebsablauf gemäß Schritt 180, der in Fig. 8 gezeigt ist.

Fig. 8 zeigt im einzelnen die Vorgänge bei einem derartigen Anheben des Kopfes im Schritt 180 von Fig. 6.

Für den Vorgang des Anhebens des Kopfes ist es erforderlich, daß nur der Kopf 15 angehoben wird, während der Mittel- oder Zwischenarm 14 und die Mittel- oder Zwischenführung 27 an ihrem jeweiligen Ort bleiben. Daher wird zunächst die Luft aus der oberen Kammer 22a des in Fig. 3 gezeigten Zylinders 22 dadurch abgezogen, daß das Magnetventil 23 geschaltet wird, wogegen der unteren Kammer 22b Luft zugeführt wird. Dann wird der Zylinder 22 so betätigt, daß die Buchsenmontageplatte 20 und die Buchse 18 nach oben bewegt werden, so daß die Buchse 18 von der Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 getrennt gehalten wird, und die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 im Schritt 181 gelockert wird. Daraufhin wird im Schritt 182 die Bremse 17 gelöst, welche den Mittel- oder Zwischenarm 14 an dem Kopf 15 befestigt. Daraufhin wird nur der Kopf 15 um eine festgelegte Entfernung angehoben, so daß schließlich die Elektrode 1 gelöst wird, und von der Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 getrennt ist, im Schritt 183. Dieser Zustand ist in Fig. 5d gezeigt.

Nach Beendigung des Kopfanhebervorgangs im Schritt 180 wird die verbrauchte und verschlissene Elektrode 1 im Schritt 190 in Fig. 6 abgenommen. Dann kehrt der Betriebsablauf zum Elektrodenmontagenvorgang des Schritts 120 zurück, und wird die Bearbeitungselektrode 1 ersetzt. Daraufhin werden die Operationen gemäß Schritt 120 und den folgenden Schritten erneut von dem in Fig. 5a gezeigten Zustand aus durchgeführt.

Wenn andererseits festgelegt wird, daß das Ausmaß des Vorschubes in Richtung der Z-Achse nicht den maximalen Vorschubbetrag erreicht ("NEIN" im Schritt 150), daß je-

doch das Ausmaß des Vorschubs seit Beginn der Bearbeitung den Lochbearbeitungsvorschubbetrag erreicht hat ("JA" im Schritt 160), so bedeutet dies das Ende der Bearbeitung beim momentan bearbeiteten Teil des Werkstücks 2.

5 Dann werden im Schritt 200 der Kopf 15, der an dem Mittel- oder Zwischenarm 14 durch die Bremse 17 festgehalten wird, und die Mittel- oder Zwischenführung 27 am unteren Ende des Mittel- oder Zwischenarms 14 als vereinigter Körper angehoben. Daher wird auch die Elektrode 1, die zwischen dem Kopf 15 und der Führung 27 festgehalten ist, zusammen mit dem Kopf 15 und der Führung 17 angehoben.

Als nächstes wird im Schritt 210 festgestellt, ob ein weiteres Bearbeitungsteil zugeordnet ist oder nicht. Ist ein weiteres Bearbeitungsteil zugeordnet ("JA" im Schritt 210), dann wird die Elektrode 1 im Schritt 215 zum nächstes Teil bewegt, welches bearbeitet werden soll. Daraufhin kehrt der Betriebsablauf erneut zur Operation gemäß Schritt 130 zurück. Daher wird die Bearbeitungselektrode 1 zu einer anderen Bearbeitungsstartposition bewegt. Daraufhin werden die Operationen gemäß Schritt 130 und den folgenden Schritten durchgeführt. Wenn andererseits keine weiteren zu bearbeitenden Teile zugeordnet sind ("NEIN" im Schritt 210), so bedeutet dies, daß die Bearbeitung sämtlicher zu bearbeitender Teile fertig ist. Dann ist der in Fig. 6 gezeigte Bearbeitungsvorgang beendet.

Wenn festgestellt wird, daß das Ausmaß des Vorschubes in Richtung der Z-Achse nicht den maximalen Vorschubbetrag erreicht ("NEIN" im Schritt 150), und daß das Ausmaß des Vorschubes seit Beginn der Bearbeitung nicht den Lochbearbeitungsvorschubbetrag erreicht ("NEIN" im Schritt 160), so bedeutet dies, daß die Bearbeitung bei dem momentan bearbeiteten Teil nicht fertig ist. Dann wird darüber hinaus festgestellt, ob die Entfernung zwischen der Mittel- oder Zwischenführung 27 und der Elektrodenführung 8 kürzer als der vorbestimmte Wert wird, im Schritt 170.

Wenn festgestellt wird, daß die Entfernung zwischen der Führung 27 und der Führung 8 nicht kürzer als der vorbestimmte Wert ist ("NEIN" im Schritt 170), so bedeutet dies, daß es möglich ist, die Bearbeitung in diesem Zustand fortzusetzen. Dann kehrt der Betriebsablauf zur Funkenerosionsbearbeitung gemäß Schritt 140 zurück. Wird andererseits festgestellt, daß die Entfernung kürzer als der vorbestimmte Wert ist ("JA" im Schritt 170), so bedeutet dies, daß es bereits unmöglich ist, die Bearbeitung in diesem Zustand fortzusetzen. Dann wird im Schritt 220 nur die Mittel- oder Zwischenführung 27 durch die in Fig. 9 dargestellte Operation angehoben.

Fig. 9 zeigt im einzelnen den Hebevorgang für die Mittel- oder Zwischenführung im Schritt 220 von Fig. 6.

50 Ein derartiger Hebevorgang wird durchgeführt, wenn die Bearbeitungselektrode 1 infolge langer Bearbeitung verschlossen ist. Bei diesem Hebevorgang wird die Mittel- oder Zwischenführung 27 in Bezug auf den Kopf 15 und die Bearbeitungselektrode 1 angehoben, welche von der Spannzange 4 und dergleichen am unteren Ende des Kopfes 15 gehalten wird. Es nimmt das Ausmaß des Vorstehens der Elektrode 1 gegenüber der unteren Oberfläche der Mittel- oder Zwischenführung 27 zu. Zuerst wird die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 gelockert, wie in Fig. 3 gezeigt,

55 durch Schalten des Magnetventils 23 im Schritt 221. Dann wird die Bremse 17, die den Mittel- oder Zwischenarm 14 an dem Kopf 15 festhält, im Schritt 222 gelöst. Dann wird der Kopf 15 um die feste Entfernung L3 im Schritt 223 angehoben.

60 Daraufhin wird im Schritt 224 die Bremse 17 betätigt, um den Kopf 15 und den Mittel- oder Zwischenarm 14 zu befestigen. Daraufhin wird das Magnetventil 23 geschaltet, um den Zylinder 22 so zu betätigen, daß die Mittel- oder Zwi-

schenspannvorrichtung 11 angezogen wird, wie in Fig. 4 gezeigt ist, um die Bearbeitungselektrode 1 festzuhalten, im Schritt 225. Damit ist der Hebevorgang für die Mittel- oder Zwischenführung 27 beendet.

Selbst nachdem der voranstehend geschilderte Hebevorgang im Schritt 220 beendet ist, befindet sich die vom Start der Bearbeitung aus vorgeschoßene Elektrode immer noch unterhalb des Lochbearbeitungsvorschubbetrages, wie in Fig. 160 gezeigt ("NLEIN" im Schritt 160). Dann kehrt der Betriebsablauf erneut zur Operation im Schritt 140 zurück, wodurch die Funkenerosionsbearbeitung am momentan bearbeiteten Teil fortgesetzt wird, während die Operationen des Schrittes 140 und der folgenden Schritte durchgeführt werden.

Bei der ersten Ausführungsform ist die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 auf der Mittel- oder Zwischenführung 27 so vorgesehen, daß sie sich frei um die Achse der Elektrode 1 drehen kann, während die Mittel- oder Zwischenführung 27 zwischen der Elektrodenführung 8 und dem Elektrodenhalter 3 angeordnet ist. Selbst im Falle einer Bearbeitungselektrode 1 mit geringer Steifigkeit, die einen Außendurchmesser  $\phi$  von nicht mehr als 0,3 mm aufweist, insbesondere nicht mehr als 0,1 mm, läßt sich eine derartige Elektrode 1 einfach in die Elektrodenführung 8 und die Mittel- oder Zwischenführung 27 einführen. Darüber hinaus ist es möglich, die Verschiebung und Auslenkung der Bearbeitungselektrode 1 zwischen dem Elektrodenhalter 3 und der Mittel- oder Zwischenführung 27 sowie zwischen der Mittel- oder Zwischenführung 27 und der Elektrodenführung 8 zum Zeitpunkt der Bearbeitung zu verringern. Daher kann die Elektrode stabil und verlässlich vorgeschoben werden, wie dies für die Bearbeitung erforderlich ist. Daher wird es möglich, die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen, und die Grenze für die Bearbeitungstiefe zu erweitern, unter Verbesserung der Lochbearbeitungsgenauigkeit.

Da die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 der Mittel- oder Zwischenführung 27 genug Abstand zur Elektrode 1 beim Elektrodenmontagevorgang aufweist, kann die Elektrode 1 einfach durch die Spannvorrichtung 11 der Führung 27 hindurchgeführt werden. Andererseits haltert die Mittel- oder Zwischenführung 27 die Elektrode 1 zum Zeitpunkt der Bearbeitung, um hierdurch die Verschiebung und Auslenkungen der Elektrode 1 zu verringern. Da die Elektrode 1 durch die Führung 27 so gehalten wird, daß sie sich ein Stück mit dem Kopf 15 und der Führung 27 zum Zeitpunkt des Vorschubs und der Bearbeitung bewegt, kann die Elektrode 1 stabil vorgeschoben werden, wie dies für die Bearbeitung erforderlich ist.

Da die Elektrode 1 durch die Spannvorrichtung 11 der Mittel- oder Zwischenführung 27 so gehalten wird, daß sie sich zum Zeitpunkt der Bearbeitung zusammen mit der Halterung 3 und der Führung 27 bewegt, wird verhindert, daß eine Verschiebung oder Auslenkung der Elektrode 1 zwischen dem Halter 3 und der Führung 27 auftritt. Weiterhin wird bei der Bewegung des Vorderentes der Elektrode 1 in die Bearbeitungsstartposition die Elektrode 1 durch die Spannvorrichtung 11 der Mittel- oder Zwischenführung 27 gehalten, so daß sie sich ebenfalls zusammen mit dem Halter 3 und der Führung 27 bewegt. Daher wird eine Verschiebung oder Auslenkung der Elektrode 1 zwischen dem Halter 3 der Führung 27 verhindert. Beim Austausch der Elektrode 1 wird die Elektrode 1 von der Spannvorrichtung 11 der Führung 27 freigegeben, und von den Führungen 27 und 8 zurückgezogen, so daß der Vorgang des Austausches einfach ist. Darüber hinaus wird die Elektrode 1 von der Spannvorrichtung 11 der Führung 27 freigegeben, und wird die Mittel- oder Zwischenführung 27 von der Führung 8 zum Halter 3 zurückgezogen, so daß der Vorgang des Elektroden-

vorschubs einfach ist.

Da das Lager 13 die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 haltert und es zuläßt, daß sich diese um die Achse der Elektrode 1 dreht, können die Auslenkungen der Elektrode 1 verringert werden. Da die Spannvorrichtung 11 durch einen elastischen Körper beispielsweise aus Gummi gebildet wird, weist sie einen einfachen Aufbau auf. Daher können die Herstellungskosten verringert werden, und könnten Schwierigkeiten wie beispielsweise eine Störung bei der Spannvorrichtung 11 verringert werden.

Zwar ist die Elektrode 1 hohl oder als Rohr bei der ersten Ausführungsform ausgebildet, jedoch kann selbstverständlich gemäß der vorliegenden Erfindung auch eine massive Bearbeitungselektrode verwendet werden. Da eine derartige

massive Bearbeitungselektrode kein Loch im Zentrum aufweist, kann das Arbeitsfluid dem bearbeiteten Teil nicht durch das Loch zugeführt werden. Daher wird das Bearbeitungsfluid nicht von der Versorgungsquelle 26 der Elektrode über die Spindel 5 und die Rohrleitung 26a im Kopf 15 zu-

geführt. Statt dessen wird dem bearbeiteten Teil direkt das Arbeitsfluid zugeführt. Andernfalls kann ein Arbeitsfluidbehälter verwendet werden. Eine derartige Abänderung ist auch bei den anderen Ausführungsformen möglich, die später noch beschrieben werden.

Zwar wird die Funkenerosionsbearbeitung durchgeführt, während die Bearbeitungselektrode 1 durch die Spindel 5 über den Elektrodenhalter 3 bei der ersten Ausführungsform gedreht wird, jedoch kann die Drehung der Elektrode auch unterbleiben, beispielsweise wenn eine Bearbeitungselektrode mit nicht-kreisförmigem Querschnitt zur Bearbeitung eines kleinen Loches oder dergleichen verwendet wird. Derartige Abänderungen lassen sich auch bei den anderen Ausführungsformen durchführen, die später genauer erläutert werden.

**Fig. 10** zeigt den Aufbau einer Funkenerosionsmaschine zur Herstellung kleiner Löcher gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

In **Fig. 10** sind die gleichen Bauteile wie bei der Funkenerosionsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform mit gleichen oder entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet, und werden hier nicht unbedingt erneut besprochen. Eine Zwischen- oder Mittelelektronenspannzange 28 ist am unteren Teil des Mittel- oder Zwischenarms 14 vorgesehen. Die Mittel- oder Zwischenspannzange 18 bildet eine Elektrodenhalterungsvorrichtung. Eine Mutter 29 nimmt in sich die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 auf und haltert sie von unten. Die Spannzange 28 ist konisch ausgebildet, mit einer sich nach oben verjüngenden Außenumfangsoberfläche 28a. Ein sich unten verjüngender Abschnitt 30 ist innerhalb der Spannzange 28 als Elektrodenführung vorgesehen, um das Vorderende der Bearbeitungselektrode 1 in der Spannzange 28 zu führen. Eine rohrförmige Spannzangen-Druckvorrichtung 31 ist in das Lager 19 so eingeführt, daß ihr unteres Ende der Spannzange 28 gegenüberliegt. Die Druckvorrichtung 31 ist zusammen mit der Buchsenmontageplatte 20 in Richtung der Z-Achse bewegbar. Ein sich nach oben verjüngender Abschnitt 31a ist am Innenenumfang des unteren Endes der Spannzangen-Druckvorrichtung 28 vorgesehen. Eine Buchse 32 ist in das Lager 13 eingeführt. Die Mutter 29 steht mit dem unteren Ende der Buchse 32 im Eingriff. Der untere Abschnitt der Spannzangen-Druckvorrichtung 31 ist innen in die Buchse 32 so eingepaßt, daß er in Axialrichtung gleitet. Die sich nach innen verjüngende Oberfläche 31a der Spannzangen-Druckvorrichtung 31 ist daher dazu ausgebildet, die äußere sich verjüngende Oberfläche 28a der Spannzange 28 mit Druck zu beaufschlagen und dieser gegenüberzuliegen, wodurch die Spannzange 28 festgezogen wird. Die zweite Ausführungsform zeichnet daher dadurch aus, daß

die Mitte der Bearbeitungselektrode 1 durch die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 eingespannt wird, statt durch die Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11, die aus einem elastischen Körper besteht.

Der Betriebsablauf bei der zweiten Ausführungsform der Funkenerosionsmaschine ist nachstehend geschildert. Insbesondere wird im einzelnen gezeigt, wie die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 die Elektrode 1 festhält bzw. freigibt, unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen.

**Fig. 11** zeigt einen Zustand, in welchem die Bearbeitungselektrode 1 von der Mittel- oder Zwischenspannzange 28 freigegeben ist.

Im einzelnen wird, obwohl dies in **Fig. 11** nicht gezeigt ist, die Luft der unteren Kammer 22b des Zylinders 22 über das Magnetventil 23 zugeführt, während Luft aus der oberen Kammer 22a abgezogen wird, wie dies in **Fig. 3** bezüglich der ersten Ausführungsform gezeigt wurde. Daher bleibt die Buchsenmontageplatte 20 hochgezogen, so daß der verjüngte Abschnitt 31a der Spannzangen-Druckvorrichtung 31 getrennt von der Mittel- oder Zwischenspannzange 28 gehalten wird.

Daher wirkt keine äußere Kraft auf die Mittel- oder Zwischenspannzange 28, auf solche Weise, daß diese zur Bearbeitungselektrode 1 hinbewegt würde. Der Innendurchmesser der Mittel- oder Zwischenspannzange 28 ist daher groß geblieben. Die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 befindet sich daher im Freigabezustand in Bezug auf die Bearbeitungselektrode 1. Daher geht die Bearbeitungselektrode 1 durch die Spannzangen-Druckvorrichtung 31 hindurch, und wird durch die verjüngte Oberfläche 30a des verjüngten Abschnitts 30 ins Zentrum der Mittel- oder Zwischenspannzange 28 geführt. Es ist möglich, die Bearbeitungselektrode 1 durch die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 ohne irgendeinen Widerstand hindurchzuführen. Hierbei ist die Entfernung zwischen der unteren Oberfläche der Buchsenmontageplatte 20 und der oberen Oberfläche des unteren Abschnitts des Mittel- oder Zwischenarms 14 als  $\delta_3$  festgelegt.

**Fig. 12** zeigt einen Zustand, in welchem die Bearbeitungselektrode 1 durch die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 eingespannt ist.

In diesem Zustand wird Luft der oberen Kammer 22a des Zylinders 22 über das Magnetventil 23 zugeführt, wogegen die Luft von der unteren Kammer 22b abgezogen wird, wie dies in **Fig. 4** bezüglich der ersten Ausführungsform gezeigt wurde. Daher wird die Buchsenmontageplatte 20 nach unten aus der in **Fig. 11** gezeigten Position weg bewegt. Die Spannzangen-Druckvorrichtung 31 bewegt sich daher nach unten, während sie durch die Buchse 32 geführt wird, bis zu der in **Fig. 12** dargestellten Position. Daher drückt die Spannzangen-Druckvorrichtung 31 die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 nach unten.

Die Spannzangen-Druckvorrichtung 31, die so nach unten bewegt wird, drückt auf die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 über die verjüngte Oberfläche 31a, so daß sich die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 bewegt oder sich nach innen zur Achse hin auslenkt. Daher wird der Innendurchmesser der Spannzange 28 verringert, beispielsweise von ihrem Ende aus, so daß die Spannzange 28 unbeweglich die Elektrode 1 ergreift. Bezeichnet man die Entfernung zwischen der unteren Oberfläche der Platte 20 und der oberen Oberfläche des unteren Abschnitts des Arms 14 in diesem Zustand durch  $\delta_4$ , so ist die Beziehung zwischen den Entfernungen  $\delta_3$  und  $\delta_4$  so, daß  $\delta_3 > \delta_4$  ist, wie bei der ersten Ausführungsform.

Die zweite Ausführungsform stellt einfach die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 statt der Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 gemäß der ersten Ausführungs-

form zur Verfügung. Der Vorgang vom Montieren der Elektrode bis zur Beendigung der Bearbeitung verläuft entsprechend dem Vorgang, der in den **Fig. 6** bis 9 bezüglich der ersten Ausführungsform gezeigt wurde, und daher erfolgt hier keine erneute Beschreibung.

Bei der zweiten Ausführungsform wird die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 statt der Mittel- oder Zwischenspannvorrichtung 11 verwendet. Daher können die Verschiebung und die Auslenkung der Bearbeitungselektrode 1 zwischen dem Elektrodenhalter 3 und der Mittel- oder Zwischenführung 27 sowie zwischen der Mittel- oder Zwischenführung 27 und der Elektrodenführung 8 zum Zeitpunkt der Bearbeitung verringert werden. Daher kann die Elektrode stabil und verlässlich vorgeschoben werden, wie dies für die Bearbeitung nötig ist. Dies führt dazu, daß die Bearbeitungsgeschwindigkeit erhöht und die Tiefengrenze für die Bearbeitung vergrößert werden kann, während die Genauigkeit der Herstellung von Löchern verbessert wird.

Da die Elektrodenhalterungsvorrichtung durch die Mittel- oder Zwischenspannzange 28 gebildet wird, ist darüber hinaus deren Konstruktion oder Mechanismus einfacher, was zu einer Verringerung der Herstellungskosten führt.

**Fig. 13** zeigt den Aufbau einer Funkenerosionsmaschine für feine Löcher gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

In **Fig. 13** sind gleiche oder entsprechende Bauteile wie bei der Funkenerosionsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform mit gleichen oder entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet, und werden nachstehend nicht unbedingt erneut beschrieben. Ein Arbeitsfluidloch 33 ist einstückig auf einem Elektrodenhalter 53 vorgesehen. Eine Axialflüßdüse 34 ist als Hohlkegel ausgebildet, der sich nach unten verjüngt. Die Düse 34 ist auf ein Gewinde aufgeschraubt, welches am Umfang des Elektrodenhalters 53 vorgesehen ist. Daher ist die Düse 34 so am Elektrodenhalter 53 befestigt, daß sie sich mit diesem zusammen dreht. Weiterhin weist die Düse 34 ein Ausstoßloch zum Ausstoßen oder Ausstrahlen des Arbeitsfluids nach unten auf. Die Düse 34 ist daher dazu ausgebildet, das Arbeitsfluid, welches von dem Arbeitsfluidloch 33 geliefert wird, zur Elektrodenführung 8 als Strahl auszustoßen. Ein Arbeitsfluidaxialfluß 35 wird entlang der Elektrode 1 als Achse ausgebildet, und durch die Düse 34 vergleichmäßig oder eingeebnet. Eine Arbeitsfluidsammeldüse 36 ist an der Oberseite der Elektrodenführung 8 vorgesehen. Eine Andruckvorrichtung 37 ist über ein Rohr an die Sammeldüse 36 angeschlossen. Die Ansaugvorrichtung 37 ist ebenfalls mit einer Arbeitsfluidversorgungsquelle 56 als Arbeitsfluidversorgungsvorrichtung über ein Rohr verbunden. Die Ansaugvorrichtung 37 bildet eine Arbeitsfluidsammelvorrichtung. Die Versorgungsquelle 56 liefert Arbeitsfluid unter hohem Druck vom Innenraum der rohrförmigen Elektrode 1 und vom Arbeitsfluidloch 33 über das Drehgelenk 25 und die Rohrleitung 56a. Der Arbeitsfluiddruck beträgt etwa 1,8 MPa.

**Fig. 14** zeigt vergrößert einen Schnitt durch die Elektrodenhalterung 53.

Wie deutlich aus **Fig. 14** hervorgeht, wird ein Arbeitsfluid W, welches in dem Rohr 56a fließt, dem in Axialrichtung verlaufenden Raum im Zentrum der hohlen Elektrode 1 zugeführt. Gleichzeitig wird das Fluid zur Düse 34 von dem Arbeitsfluidloch 33 des Elektrodenhalters 53 geliefert. Dann wird das Fluid vergleichmäßig und in der Düse 34 komprimiert. Daher sendet die Düse 34 den Axialfluß 35 aus, der entlang der Elektrode 1 als Achse ausgebildet wird. Wenn hierbei eine massive Bearbeitungselektrode verwendet wird, kann das Arbeitsfluid nicht den Inneren der Elektrode zugeführt werden. Es reicht jedoch für den Betrieb aus, den Axialfluß nur um die Außenseite der Bearbeitungselektrode

herum auszubilden.

Der Betrieb der Funkenerosionsmaschine gemäß der dritten Ausführungsform wird nachstehend geschildert.

Zuerst werden die Bearbeitungselektrode 1 und die Düse 34 an dem Elektrodenhalter 53 angebracht, bevor der Bearbeitungsvorgang durchgeführt wird. Dieser Elektrodenhalter 53 wird auf der Spindel 5 montiert. Dann wird die Spindel 5 gedreht, so daß die Bearbeitungselektrode 1 durch die Elektrodenführung 8 hindurchgeführt wird. Gleichzeitig wird der Kopf 15 abgesenkt. Die Spindel 5, die auf dem Kopf 15 angeordnet ist, wird daher entsprechend abgesenkt, und die Bearbeitungselektrode 1 nähert sich der Elektrodenführung 8 an.

Zu diesem Zeitpunkt wird das Arbeitsfluid zur Spindel 5 von der Versorgungsquelle 56 über die Rohrleitung 56a geliefert. Dann wird das Fluid dem Innenraum der Bearbeitungselektrode 1 über den Elektrodenhalter 53 zugeführt. Gleichzeitig wird das Fluid der Düse 34 über das Loch 33 zugeführt.

Nach Durchgang durch die Elektrode 1 wird das Arbeitsfluid dem momentan bearbeiteten Teil zugeführt, wie bei der ersten bis dritten Ausführungsform, und entfernt Abfall und dergleichen. Andererseits wird, nach Zuführen zur Düse 34, das Arbeitsfluid vergleichmäßig und in der Düse 34 komprimiert, da der Druck des Arbeitsfluids etwa 1,8 MPa beträgt. Da sich die Düse 34 mit dem Elektrodenhalter 53 infolge der Spindel 5 dreht, nimmt das Arbeitsfluid einen sich drehenden Axialfluß an, wenn es die Düse 34 verläßt. Auf diese Weise wird das Fluid zur Sammeldüse 36 hin ausgesandt.

Die Bearbeitungselektrode 1 kann daher die Sammeldüse 36 erreichen, während sie durch den Axialfluß 35 geführt wird. Dann wird die Elektrode 1 durch einen verjüngten Abschnitt 36a geführt, der im Inneren der Sammeldüse 36 vorgeschen ist. Daher kann die Elektrode 1 das Werkstück 2 durch die Elektrodenführung 8 erreichen. Das Arbeitsfluid, welches den axialen Fluß ausbildet, wird von der Sammeldüse 36 eingefangen, und von der Ansaugvorrichtung 37 angesaugt.

Nachdem die Bearbeitungselektrode 1 das Werkstück 2 berührt hat, werden Entladungsspannungsimpulse zwischen der Bearbeitungselektrode 1 und dem Werkstück 2 durch eine nicht dargestellte Stromversorgungsquelle angelegt, wie bei der ersten bis dritten Ausführungsform, um so die Funkenerosionsbearbeitung durchzuführen.

Bei der dritten Ausführungsform wird die Bearbeitungselektrode 1 durch den Axialfluß 35 des Arbeitsfluids zur Elektrodenführung 8 hin geführt. Selbst wenn die Steifigkeit der Bearbeitungselektrode 1 gering ist, weist daher die Elektrode 1 eine ausreichende anscheinende Steifigkeit zwischen dem Elektrodenhalter 53 und der Elektrodenführung 8 auf. Darüber hinaus kann die Elektrode 1 einfach in die Elektrodenführung 8 eingeführt werden, während sie durch den Axialfluß 35 geführt wird.

Daher kann die Bearbeitungselektrode 1 stabil entsprechend dem Bearbeitungszustand vorgeschoben werden, nicht nur zum Zeitpunkt des Einföhrens der Elektrode 1 in die Elektrodenführung 8, sondern auch während der Bearbeitung. Daher kann die Funkenerosionsbearbeitung stabil und mit hoher Geschwindigkeit durchgeführt werden. Darüber hinaus läßt sich das Arbeitsfluid von der Düse 36 einfach durch die Ansaugvorrichtung 37 sammeln, die als Arbeitsfluidsammlvorrichtung dient. Weiterhin wird der Axialfluß 35 zusammen mit der sich drehenden Elektrode 1 infolge der Spindel 5 als Drehvorrichtung gedreht, und ein derartiger, sich drehender Axialfluß 35 kann die Elektrode 1 zur Elektrodenführung 8 noch korrekter und genauer führen. Da der Arbeitsfluiddruck, der von der Versorgungsquelle 56

aus angelegt wird, 1,8 MPa oder mehr beträgt, kann der Axialfluß 35 zur Führung 8 hin fehlerlos ausgebildet werden.

Während die Düse 34 auf dem Elektrodenhalter 53 angebracht ist, der durch die Spindel 5 gedreht wird, so daß sich der durch die Düse 34 ausgebildete Axialfluß auch dreht, bei der dritten Ausführungsform, ist die vorliegende Erfindung hierauf nicht beschränkt. Selbstverständlich kann die Düse 34 so ausgebildet sein, daß sie nicht auf dem sich drehenden Elektrodenhalter 53 befestigt ist, so daß der durch die Düse 34 erzeugte Axialfluß nicht gedreht wird.

Fig. 15 zeigt den Aufbau einer Funkenerosionsmaschine zur Herstellung kleiner Löcher gemäß einer fünften Ausführungsform der Erfindung.

In Fig. 15 werden dieselben Bauteile wie bei der Funkenerosionsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform mit gleichen oder entsprechenden Bauteilen bezeichnet, und werden nachstehend nicht notwendigerweise erneut beschrieben. Die Bearbeitungselektrode 1 ist mit einem Beschichtungsmaterial 40 beschichtet. Die Elektrode 1 mit ei-

ner derartigen Beschichtung 40 wird nachstehend als "beschichtete (Bearbeitungs-) Elektrode" bezeichnet. Eine beschichtete Elektrodenführung 38 ist an der Oberseite der Elektrodenführung 8 angebracht. Die beschichtete Elektrodenführung 38 führt das Vorderende der Elektrode 1, welches am unteren Teil der beschichteten Bearbeitungselektrode freileigt, zur Elektrodenführung 8. Ein Beschichtungshalter 39 ist in den Außenumfang der Mutter 29 eingeschraubt, und hält das obere Ende der beschichteten Bearbeitungselektrode fest. Das Beschichtungsmaterial 40 ist zylindrisch ausgebildet, wobei die Bearbeitungselektrode 1 als Achse in den Zylinder eingebettet ist. Das Beschichtungsmaterial 40 wird durch ein Material ausgeformt, welches bei Normaltemperatur fest ist, jedoch einen niedrigen Schmelzpunkt aufweist, beispielsweise Paraffin oder der gleichen.

Eine Heizvorrichtung 41 als Heizeinrichtung umgibt die beschichtete Elektrodenführung 38. Eine Heizquellenstromversorgung 42 liefert Energie an die Heizvorrichtung 41, damit die beschichtete Elektrodenführung 38 erwärmt wird. Eine Vakuumpumpe 43 ist an die beschichtete

Elektrodenführung 38 angeschlossen, um geschmolzenes Beschichtungsmaterial 40 von innerhalb der beschichteten Elektrodenführung abzusaugen. Ein Ablaußbehälter 44 ist an die Vakuumpumpe 43 zu dem Zweck angeschlossen, das abgesaugte Beschichtungsmaterial 40 aufzunehmen. Die Va-

kuumpumpe 48 bildet eine Beschichtungsmaterialsammelvorrichtung.

Der Betriebsablauf bei der Funkenerosionsmaschine gemäß der vierten Ausführungsform wird nachstehend beschrieben.

Die beschichtete Bearbeitungselektrode wird vorher dadurch hergestellt, daß die Elektrode 1 in das Beschichtungsmaterial 40 mit Zylinderform eingeformt wird, wobei die Elektrode 1 die Achse festlegt. Das Beschichtungsmaterial 40 ist bei Normaltemperatur fest, schmilzt jedoch bei geringer Wärmezufuhr als Flüssigkeit, da es einen niedrigen Schmelzpunkt aufweist.

Die Bearbeitungselektrode 1 ist mit dem Beschichtungsmaterial 40 beschichtet, abgesehen von ihren entgegengesetzten Endabschnitten in Längsrichtung. Bei der beschichteten Elektrode liegt die Elektrode 1 daher an ihren beiden Endabschnitten frei. Der obere freiliegende Abschnitt der Elektrode 1 wird durch die Spannzange 4 eingespannt, und auf der Spindel 5 über die Mutter 29 angebracht. Zu diesem Zeitpunkt wird der Außenumfang des Beschichtungsmaterials 40 durch die Beschichtungshalterung 39 ergriffen, die auf den Außenumfang der Mutter 29 geschraubt ist.

Die beschichtete Bearbeitungselektrode geht in die Sammeldüse 38 hinein, während sie durch einen oberen verjüng-

ten Abschnitt 38a der Düse 38 geführt wird. Die Sammeldüse 38 wird durch die Heizvorrichtung 41 erhitzt, so daß das Beschichtungsmaterial 40 schmilzt und als Flüssigkeit in der Düse 38 vorhanden ist.

Das geschmolzene Beschichtungsmaterial 40 wird in dem Ablabbehälter 44 durch die Sammeldüse 38 infolge der Vakuumpumpe 43 angesammelt. Die Bearbeitungselektrode 1, bei welchem das Beschichtungsmaterial 40 in der Sammeldüse 38 entfernt wurde, wird dann durch einen unteren, verjüngten Abschnitt 38b der Düse 36 zur Elektrodenführung 8 hin geführt. Auf diese Weise erreicht die Elektrode 1 das Werkstück 2 über die Elektrodenführung 8.

Dann werden Entladungsspannungsimpulse zwischen der Bearbeitungselektrode und dem Werkstück 2 angelegt, wodurch ein kleines Loch mittels Funkenerosion ausgearbeitet wird, wie bei der ersten bis dritten Ausführungsform. Wenn die Bearbeitungselektrode 1 infolge der Bearbeitung verschlossen ist, wird der Kopf 15 abgesenkt, oder wird der Führungsarm 10 angehoben, wie bei der ersten bis dritten Ausführungsform.

Gleichzeitig wird gas= Beschichtungsmaterial 40 geschmolzen und vom Umfang der Bearbeitungselektrode 1 im unteren Abschnitt entfernt. Dann wird die Elektrode 1 bewegt und so eingestellt, daß sie gegenüber dem unteren Ende der Elektrodenführung 8 weiter vorsteht.

Bei der vierten Ausführungsform wird bei der Bearbeitung eines kleinen Loches die Bearbeitungselektrode 1 vollständig durch das Beschichtungsmaterial 40 im Abschnitt zwischen der Spannzange 40, die das obere Ende befestigt, und der Elektrodenführung 8 beschichtet, die das untere Ende führt. Daher weist die Elektrode 1 in diesem Abschnitt eine ausreichende Steigung auf. Daher kann die Elektrode 1 stabil entsprechend der Bearbeitung zugeführt werden. Die Elektrode 1 kann daher sicher und einfach in die Führung 8 eingeführt werden, da sie infolge des Beschichtungsmaterials 40 eine hohe Steigung aufweist.

Weiterhin verringert das Beschichtungsmaterial 40 die Verzerrungen der Elektrode 1 zwischen dem Halter 3 und der Führung 8. Darüber hinaus kann das geschmolzene Beschichtungsmaterial 40 einfach durch die Saugpumpe 43 als Beschichtungsmaterialsammelvorrichtung eingesammelt werden.

Zwar wird bei der vierten Ausführungsform als Beispiel für das Beschichtungsmaterial Paraffin verwendet, jedoch kann statt des Paraffins auch Paradichlorbenzol verwendet werden. Paradichlorbenzol wird durch Wärme in der Sammeldüse 38 verdampft. Daher sind die Vakuumpumpe 43 und der Ablabbehälter 44 unnötig.

Die hier beschriebenen, bevorzugten Ausführungsformen sollen daher zur Erläuterung dienen, nicht jedoch einschränkend verstanden werden. Der Umfang der Erfindung ergibt sich aus der Gesamtheit der beigefügten Anmeldeunterlagen und umfaßt auch Abänderungen einschließlich äquivalenter Aufbauten, Vorrichtungen und Einsatzwecke, und dieser Umfang der vorliegenden Erfindung soll von den beigefügten Patentansprüchen umfaßt sein.

#### Patentansprüche

1. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher, welche aufweist:  
eine Bearbeitungselektrode (1) zur Herstellung eines kleinen Loches in einem Werkstück (2) mittels Funkenerosion;  
einen Elektrodenhalter (3), welcher die Bearbeitungselektrode haltert;  
eine Elektrodenführung (8), welche die Bearbeitungselektrode bei der Annäherung an ein Werkstück führt;

und

eine Mittel- oder Zwischenelektrodenführung (27), die zwischen dem Elektrodenhalter und der Elektrodenführung vorgesehen ist, wobei die Mittel- oder Zwischenelektrodenhalterung die Bearbeitungselektrode zwischen dem Elektrodenhalter und der Elektrodenführung haltert, wenn die Bearbeitungselektrode das Werkstück mittels Funkenerosion bearbeitet.

2. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kopf (15) vorgesehen ist, welcher den Elektrodenhalter haltert;

wobei die Mittel- oder Zwischenelektrodenführung aufweist:

einen Mittel- oder Zwischenelektrodenführungsarm (14), der zum Werkstück hin beweglich vorgesehen ist; eine Elektrodenhalterungsvorrichtung (11, 28), die zwischen der Elektrodenhalterung und der Elektrodenführung vorgesehen ist, und an einem unteren Ende des Mittel- oder Zwischenführungsarms, wobei die Elektrodenhalterungsvorrichtung die Bearbeitungselektrode haltert, wenn die Bearbeitungselektrode durch die Elektrodenhalterungsvorrichtung hindurchgeht, um dem Werkstück zugeführt zu werden, und wenn die Bearbeitungselektrode das Werkstück durch Funkenerosion bearbeitet; und

eine Bremse (17), die so auf dem Kopf vorgesehen ist, daß sie den Kopf und den Mittel- oder Zwischenführungsarm befestigt, wenn die Elektrodenhalterungsvorrichtung die Bearbeitungselektrode haltert.

3. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, daß eine Drehvorrichtung (5) zum Drehen der Bearbeitungselektrode durch Drehen der Elektrodenhalterung vorgesehen ist; und die Mittel- oder Zwischenelektrodenführung weiterhin ein Lager (13) aufweist, welches an der Außenseite der Elektrodenhalterungsvorrichtung vorgesehen ist, so daß sich die Elektrodenhalterungsvorrichtung um die Achse der Bearbeitungselektrode dreht.

4. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenhalterungsvorrichtung einen elastischen Gummikörper (11)= aufweist, der ein Loch öffnet, das größer als der Außendurchmesser der Bearbeitungselektrode, wenn auf den elastischen Gummikörper keine externen Kräfte einwirken, wodurch die Bearbeitungselektrode durch das Loch geführt wird, der elastische Gummikörper elastisch verformt wird, und der Durchmesser des Loches kleiner ausgebildet wird, wenn auf den elastischen Körper eine äußere Kraft einwirkt, wodurch die durch das Loch hindurchgehende Bearbeitungselektrode gehalten wird.

5. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenhalterungsvorrichtung eine Mittel- oder Zwischenelektrodenspannzange (28) aufweist, welche einen Weg bildet, der größer als der Außen-durchmesser der Bearbeitungselektrode ist, wenn auf die Zwischen- oder Mittelelektrodenspannzange keine externe Kraft einwirkt, wodurch die Bearbeitungselektrode durch den Pfad hindurchgeleitet wird, die Mittel- oder Zwischenelektrodenspannzange eine Breite des Pfades ausbildet, die geringer ist, wenn auf die Spannzange eine externe Kraft einwirkt, wodurch die Bearbeitungselektrode gehalten wird, die durch den Pfad hindurchgeht.

6. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Lö-

cher, welche aufweist:

eine Bearbeitungselektrode (1) zur Herstellung eines kleinen Lochs in einem Werkstück (2) mittels Funkenerosion; 5

eine Elektrodenhalterung (3) zum Montieren der Bearbeitungselektrode;

eine Elektrodenführung (8), welche die Bearbeitungselektrode bei der Annäherung an ein Werkstück führt;

eine Arbeitsfluidliefervorrichtung (56), die ein Arbeitsfluid über eine Rohrleitung (56a) liefert; und 10

eine Axialflußdüse (34), welche mit dem Arbeitsfluid von der Arbeitsfluidzufuhrvorrichtung über die Rohrleitung versorgt wird, um einen Axialfluß (35) um die Achse der Bearbeitungselektrode zur Elektrodenführung hin auszubilden.

15

7. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch:

eine Arbcitsfluidsammeldüse (36), die auf der Oberseite der Elektrodenführung so vorgesehen ist, daß sie das Arbeitsfluid empfängt, welches den Axialfluß ausbildet; und 20

eine Arbeitsfluidsammelvorrichtung (37), welche das Arbeitsfluid aufsammelt, das in der Arbeitsfluidsammeldüse empfangen wird.

8. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher nach Anspruch 6, 25

gekennzeichnet durch eine Drehvorrichtung (5), welche den Elektrodenhalter so dreht, daß zusammen mit diesem die Bearbeitungselektrode gedreht wird; wobei der Elektrodenhalter ein Arbeitsfluidloch (33) 30 aufweist, welchem das Arbeitsfluid über die Rohrleitung (56a) von der Arbeitsfluidversorgungsvorrichtung zugeführt wird; und

die Axialflußdüse so angebracht ist, daß sie die Außenseite des Elektrodenhalters umgibt, und die Bearbeitungselektrode hindurchgeht, wobei die Axialflußdüse mit einem Aussloßloch (34a) versehen ist, um das Arbeitsfluid, welches von dem Arbeitsfluidloch geliefert wird, zur Elektrodenführung hin auszustoßen.

35

9. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher nach einem der Ansprüche 6, 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck des Arbeitsfluids, welches von der Arbeitsfluidliefervorrichtung geliefert wird, nicht weniger als etwa 1,8 MPa beträgt.

40

10. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher, welche aufweist:

eine Bearbeitungselektrode (1) zur Herstellung kleiner Löcher in einem Werkstück (2) mittels Funkenerosion; 45

einen Elektrodenhalter (3) zum Montieren der Bearbeitungselektrode;

eine Elektrodenführung (8), welche die Bearbeitungselektrode bei der Annäherung an ein Werkstück führt; 50

ein Beschichtungsmaterial (40), welches die Bearbeitungselektrode bedeckt, abgesehen von deren Abschnitt, der an dem Elektrodenhalter angebracht ist, wobei das Beschichtungsmaterial bei normalen Temperaturen fest ist;

eine beschichtete Elektrodenführung (38), die auf der Oberseite der Elektrodenführung so angebracht ist, daß sie ein Ende der Bearbeitungselektrode, welches mit 55 dem Beschichtungsmaterial beschichtet ist, zur Elektrodenführung führt; und

eine Heizvorrichtung (41), die auf der Oberseite der Elektrodenführung vorgesehen ist, wobei die Heizvorrichtung Wärme, die zumindest zum Erreichen des Schmelzpunktes des Beschichtungsmaterials ausreicht, an das Beschichtungsmaterial anlegt, mit welchem die Bearbeitungselektrode beschichtet ist, um so das Be- 65

schichtungsmaterial in der beschichteten Elektrode zu führen und zu schmelzen.

11. Funkenerosionsmaschine zur Herstellung feiner Löcher nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch eine Beschichtungsmaterialsammelvorrichtung (43) zum Sammeln des Beschichtungsmaterials, welches durch die Heizvorrichtung geschmolzen wurde.

12. Funkenerosionsverfahren zur Herstellung feiner Löcher, mit folgenden Schritten:

Halten einer Bearbeitungselektrode (1) für feine Löcher durch eine Mittel- oder Zwischenelektrodenführung (27), die zwischen einem Elektrodenhalter (3) und einer Elektrodenführung (8) vorgesehen ist; und Annähern eines Endes der Bearbeitungselektrode zur Herstellung feiner Löcher, die auf dem Elektrodenhalter angebracht ist, an ein Werkstück (2) über die Elektrodenführung, wodurch eine Funkenerosionsbearbeitung durchgeführt wird;

wobei bei der Durchführung der Funkenerosionsbearbeitung die Bearbeitungselektrode zur Herstellung feiner Löcher durch die, Mittel- oder Zwischenelektrodenführung gehalten wird, so daß der Elektrodenhalter, die Bearbeitungselektrode zur Herstellung feiner Löcher und die Mittel- oder Zwischenelektrodenführung als vereinigter Körper bewegt werden.

13. Funkenerosionsverfahren zur Herstellung feiner Löcher nach Anspruch 12, bei welchem bei der Bewegung des Endes der Bearbeitungselektrode für feine Löcher zu einer Bearbeitungsstartposition die Bearbeitungselektrode für feine Löcher durch die Mittel- oder Zwischenelektrodenführung so gehalten wird, daß der Elektrodenhalter, die Bearbeitungselektrode zur Herstellung feiner Löcher und die Mittel- oder Zwischenelektrodenführung als gemeinsamer Körper bewegt werden.

14. Funkenerosionsverfahren zur Herstellung feiner Löcher nach Anspruch 12, bei welchem beim Austausch der Bearbeitungselektrode zur Herstellung feiner Löcher bei der Funkenerosionsbearbeitung die Bearbeitungselektrode für feine Löcher von der Mittel- oder Zwischenelektrodenführung freigegeben wird, so daß der Elektrodenhalter und die Bearbeitungselektrode für feine Löcher von der Mittel- oder Zwischenelektrodenführung und der Elektrodenführung aus zurückgezogen werden.

15. Funkenerosionsverfahren zur Herstellung feiner Löcher nach Anspruch 12, bei welchem dann, wenn die Entfernung zwischen der Mittel- oder Zwischenelektrodenführung und der Elektrodenführung kürzer ist als ein fester Wert bei der Funkenerosionsbearbeitung, die Bearbeitungselektrode zur Herstellung feiner Löcher von der Mittel- oder Zwischenelektrodenführung freigegeben wird, so daß die, Mittel- oder Zwischenelektrodenführung von der Elektrodenführung zurückgezogen wird, und zum Elektrodenhalter hin bewegt wird.

---

Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG.1

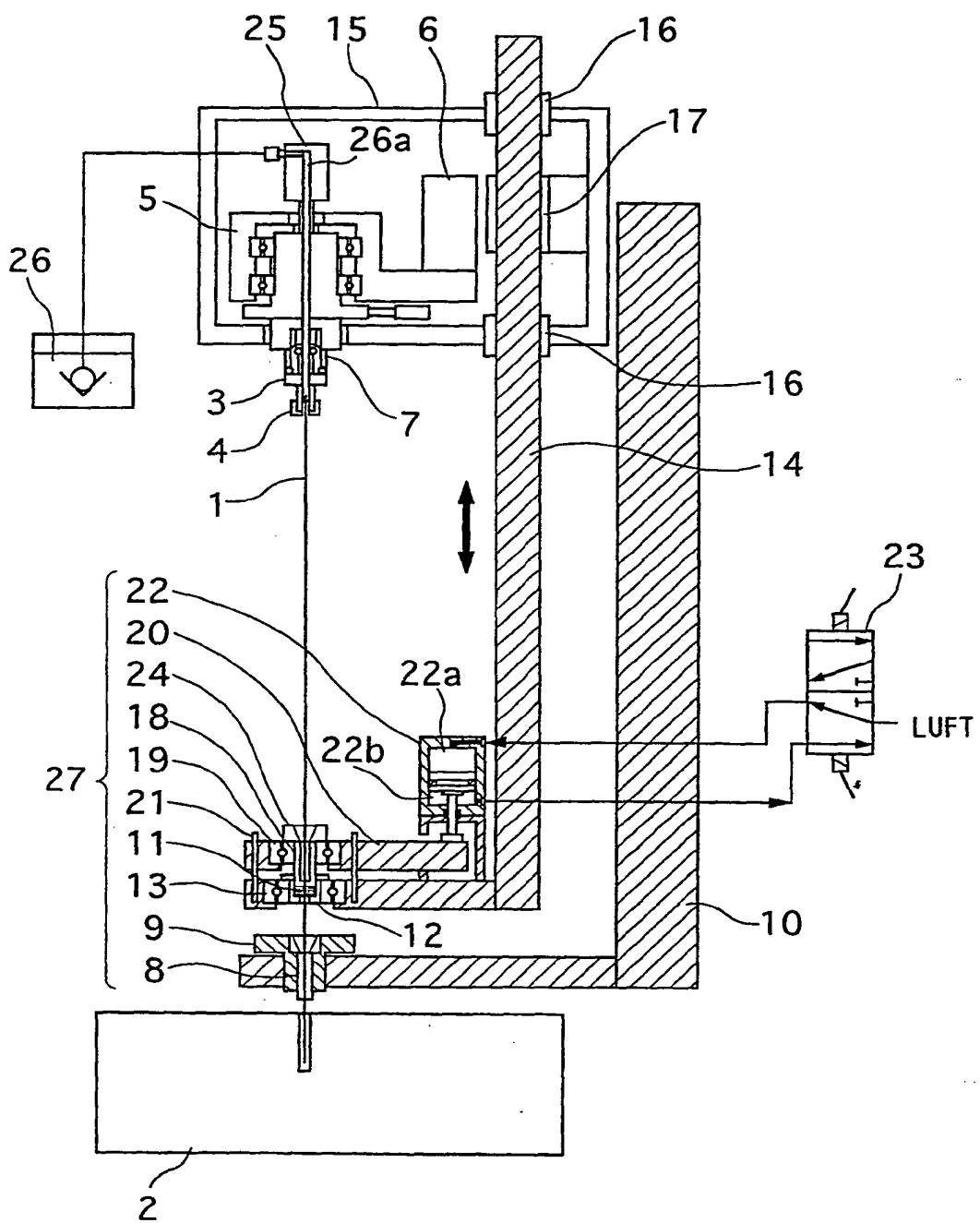


FIG.2

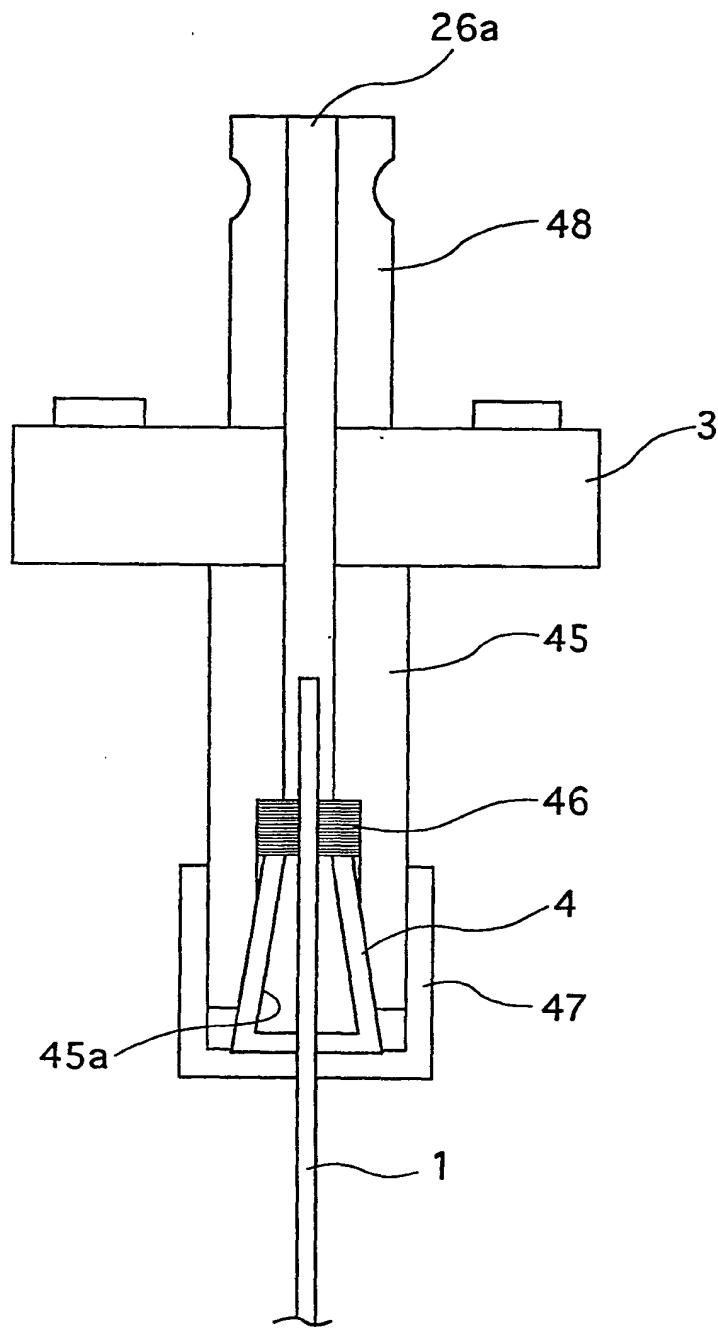


FIG.3

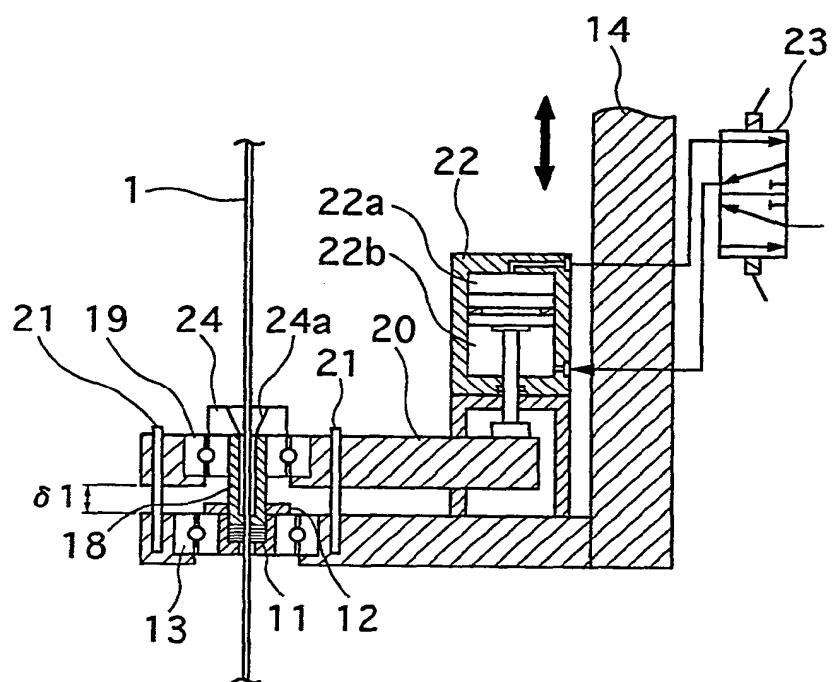


FIG.4

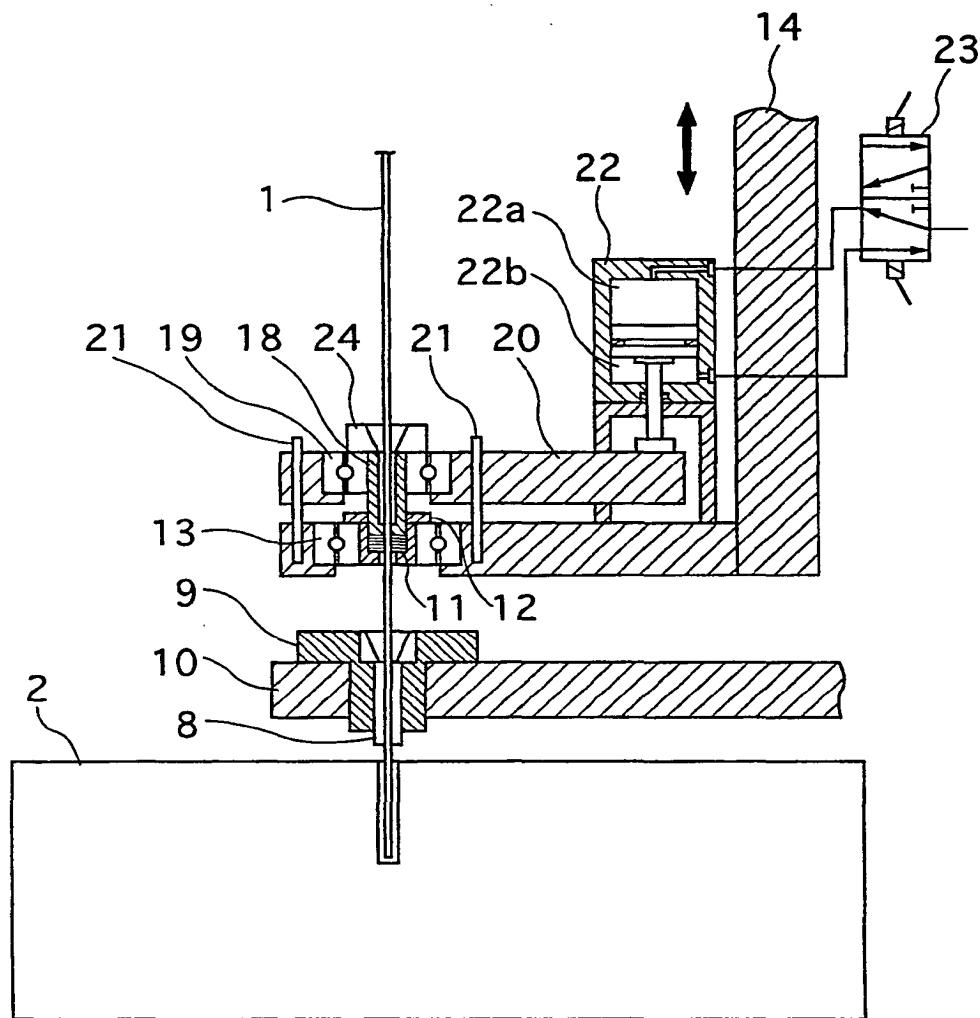


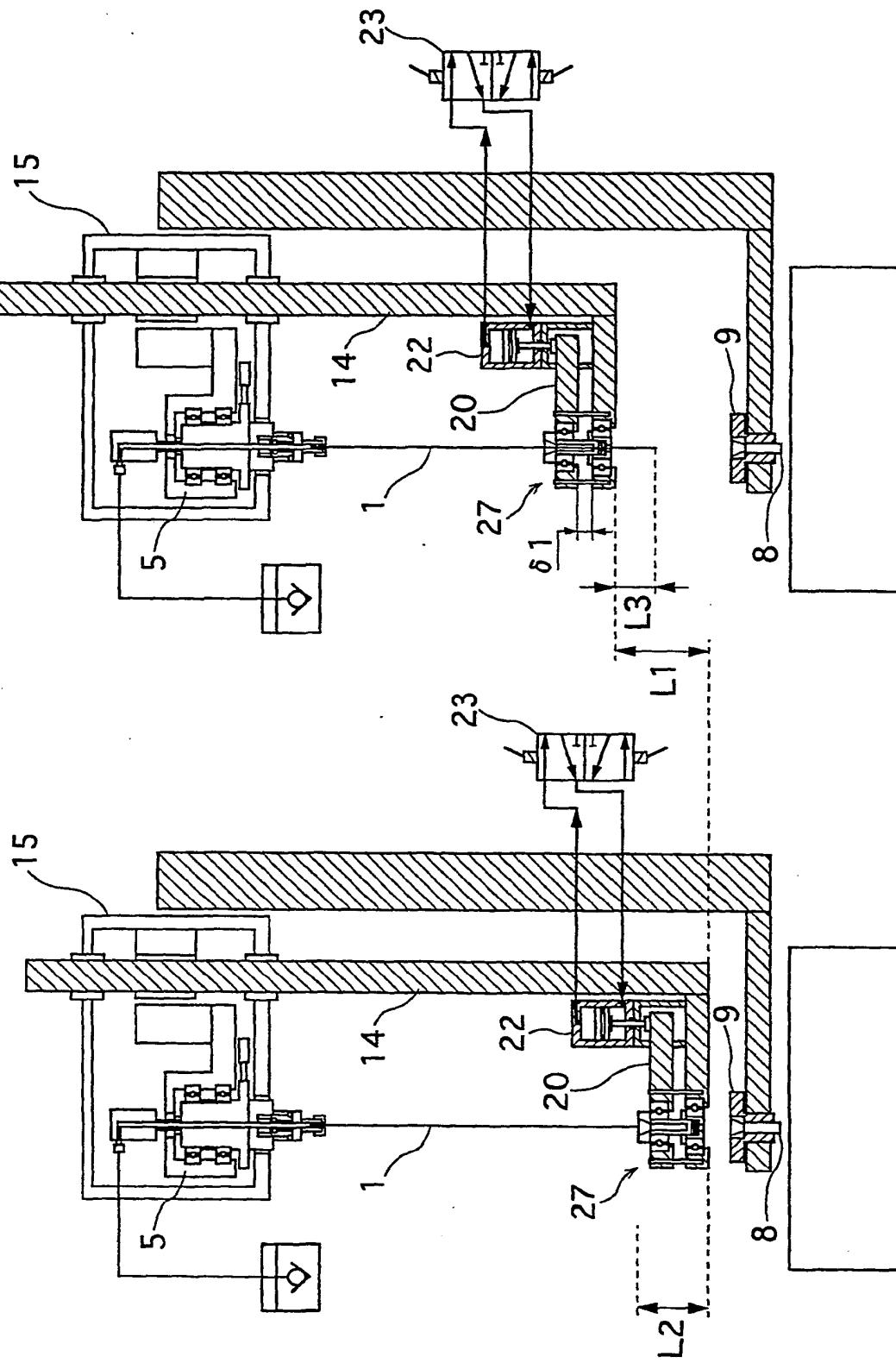
FIG. 5a  
FIG. 5b

FIG. 5d

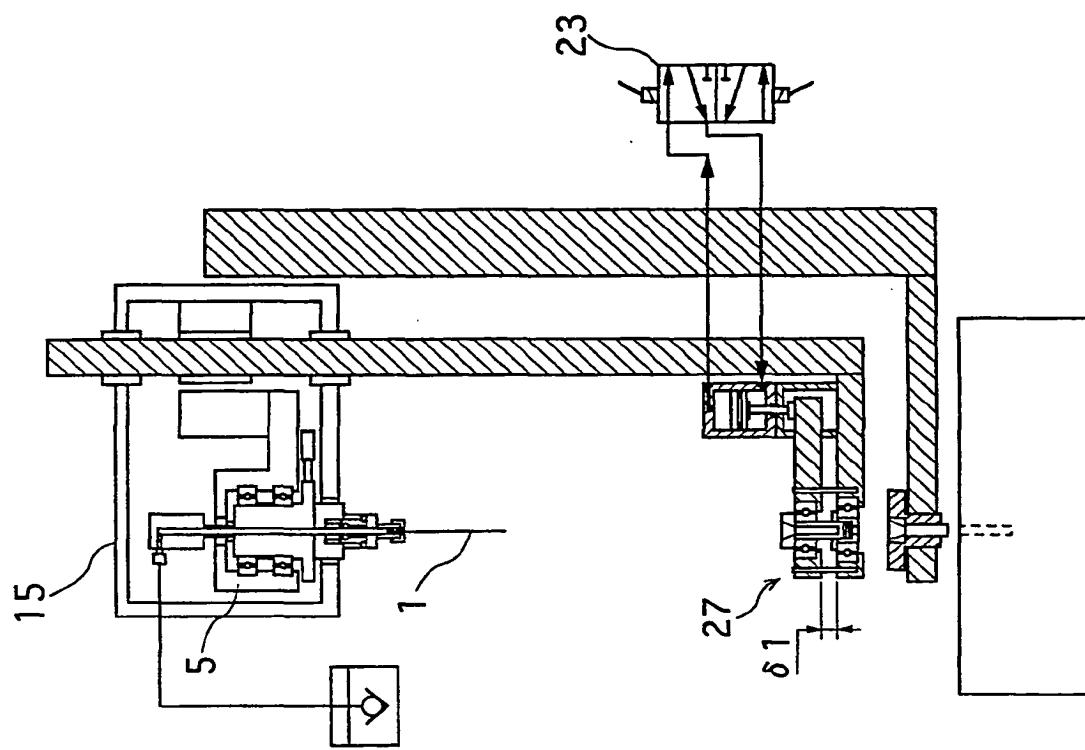


FIG. 5c

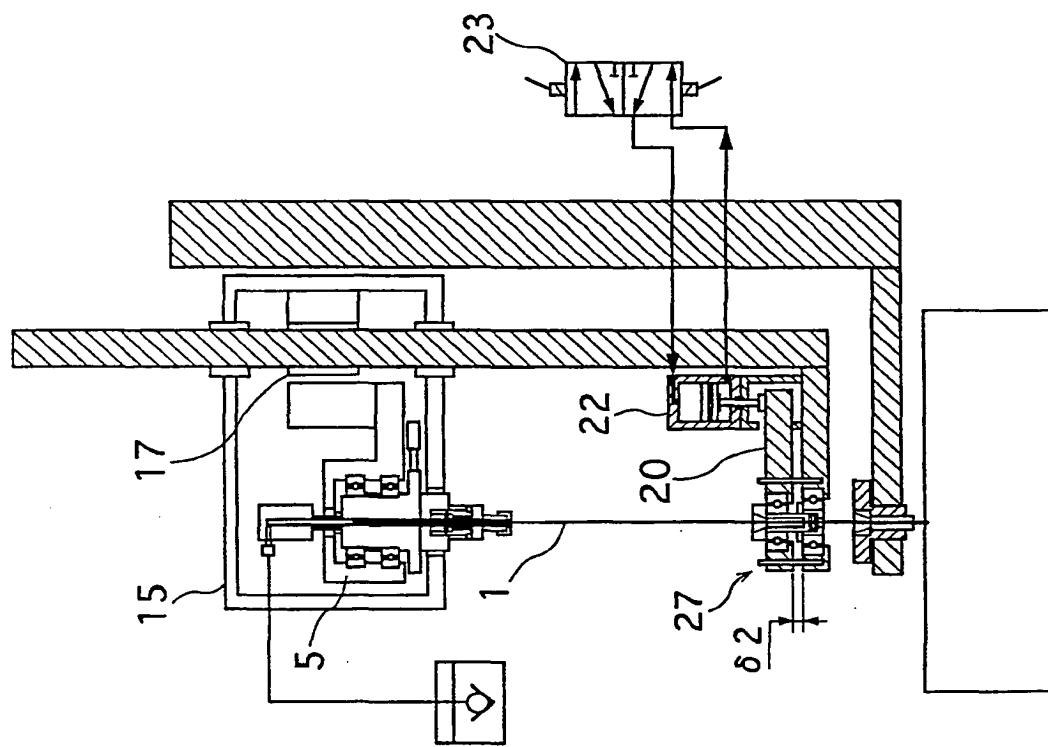


FIG.6

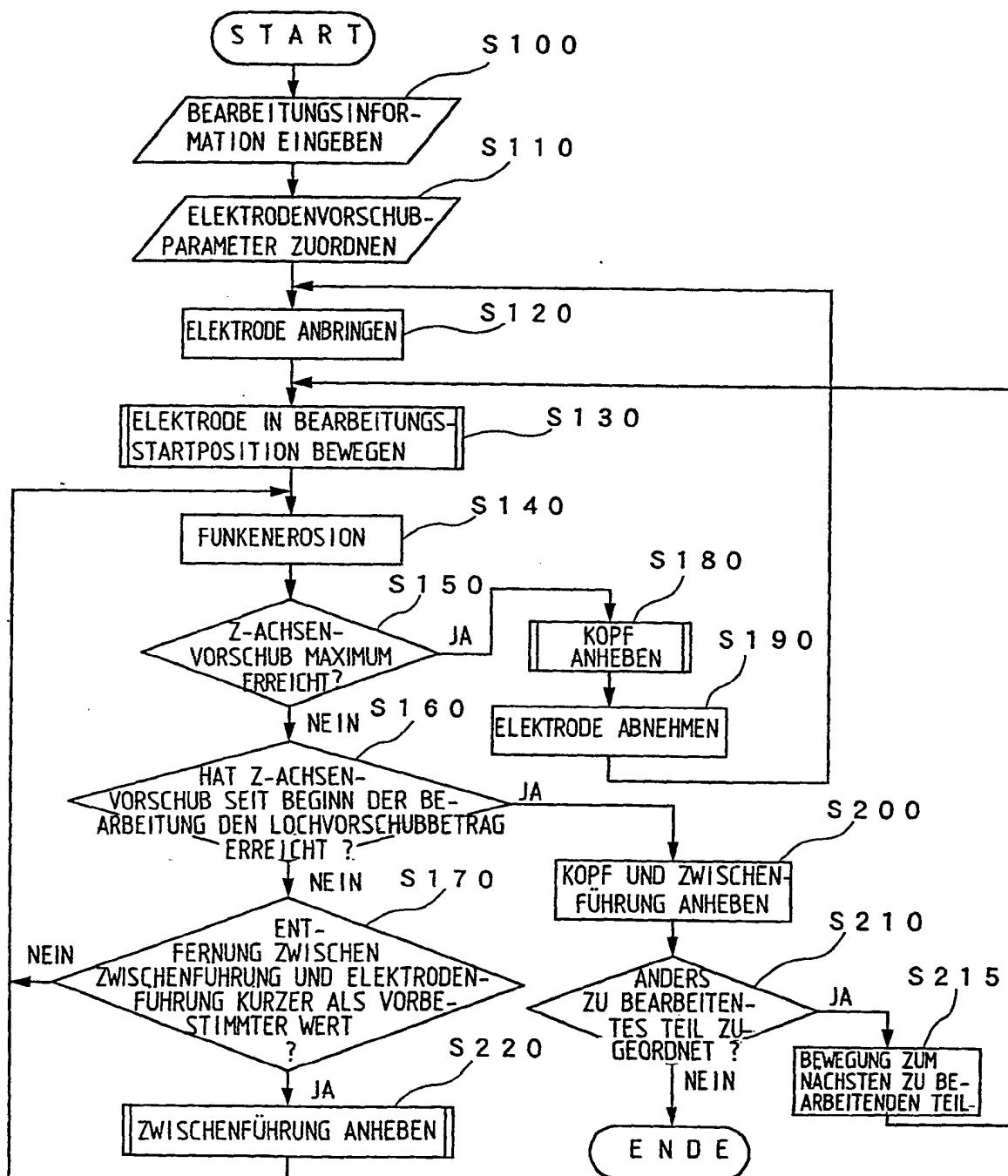


FIG.7

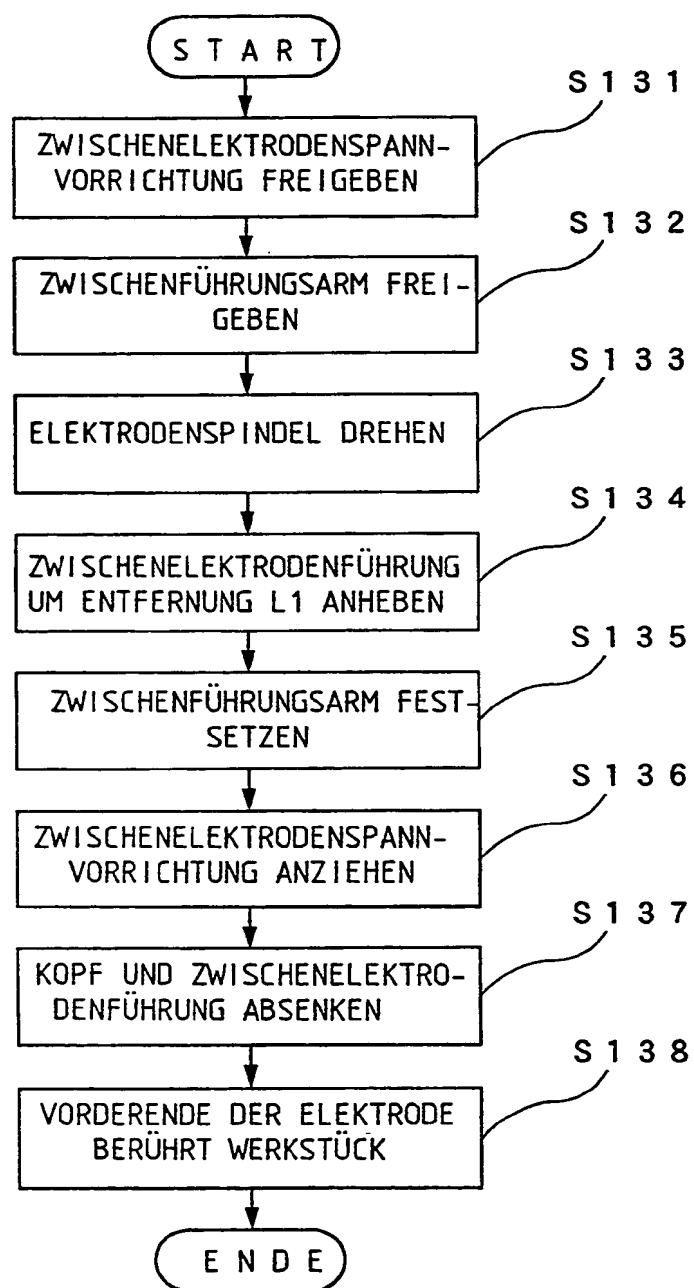


FIG.8

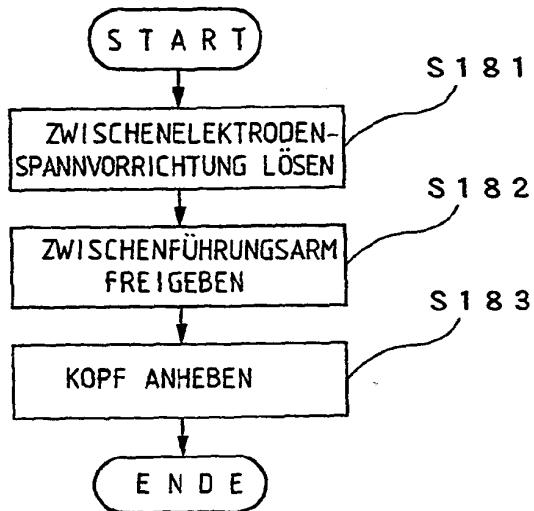


FIG.9

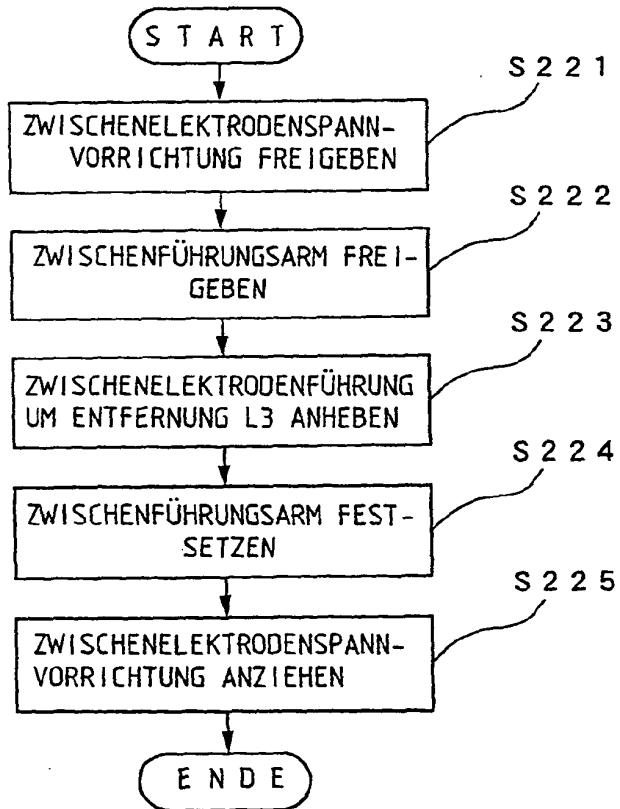


FIG.10

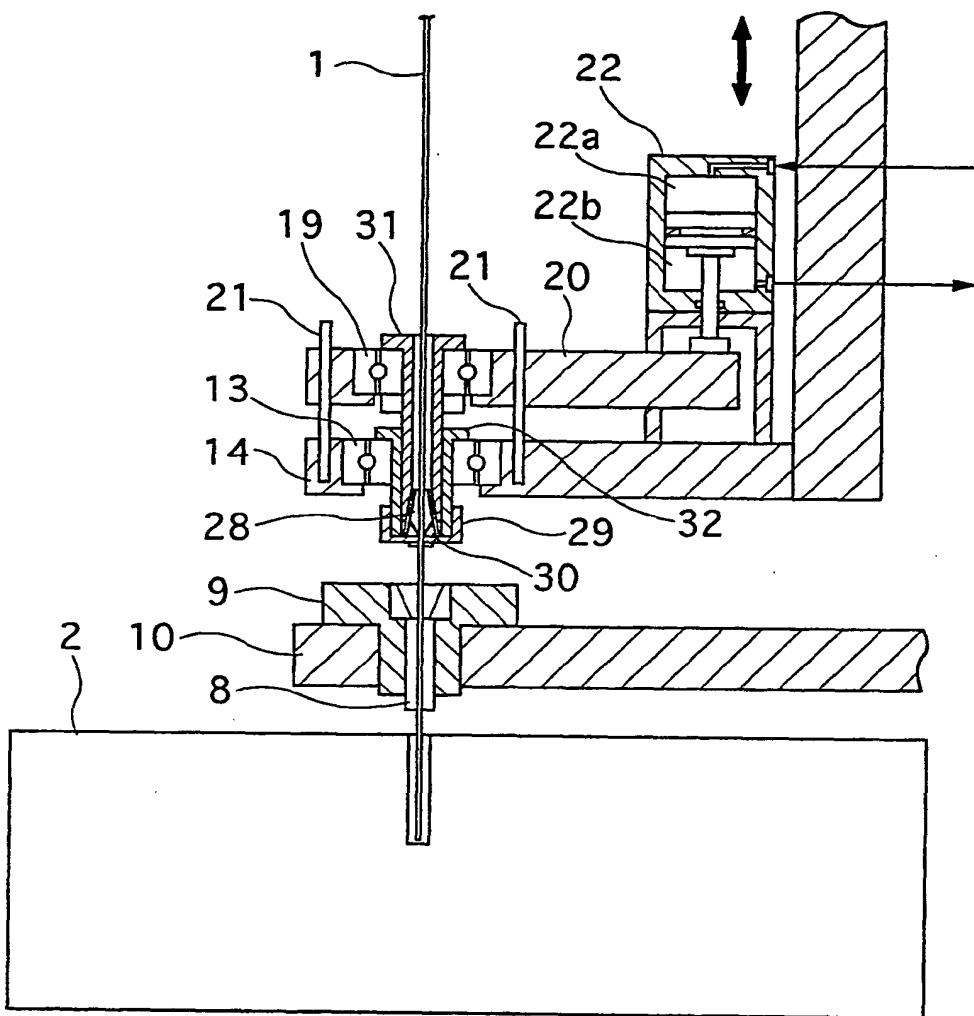


FIG. 11

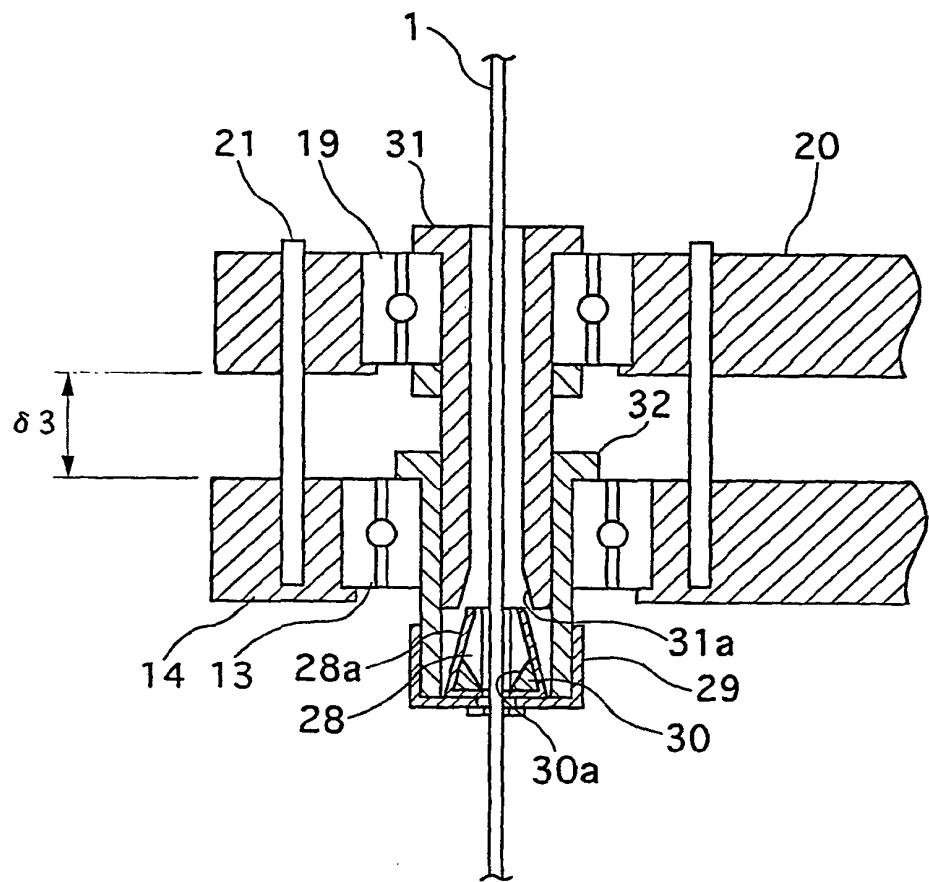


FIG.12

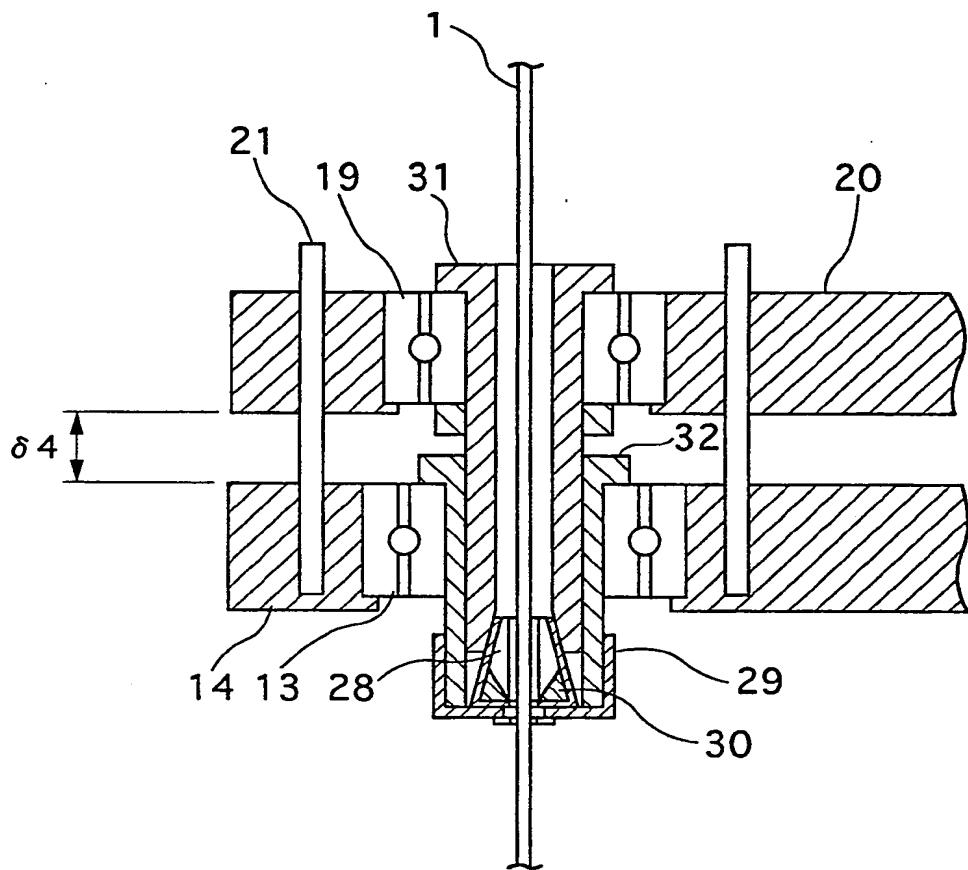


FIG.13

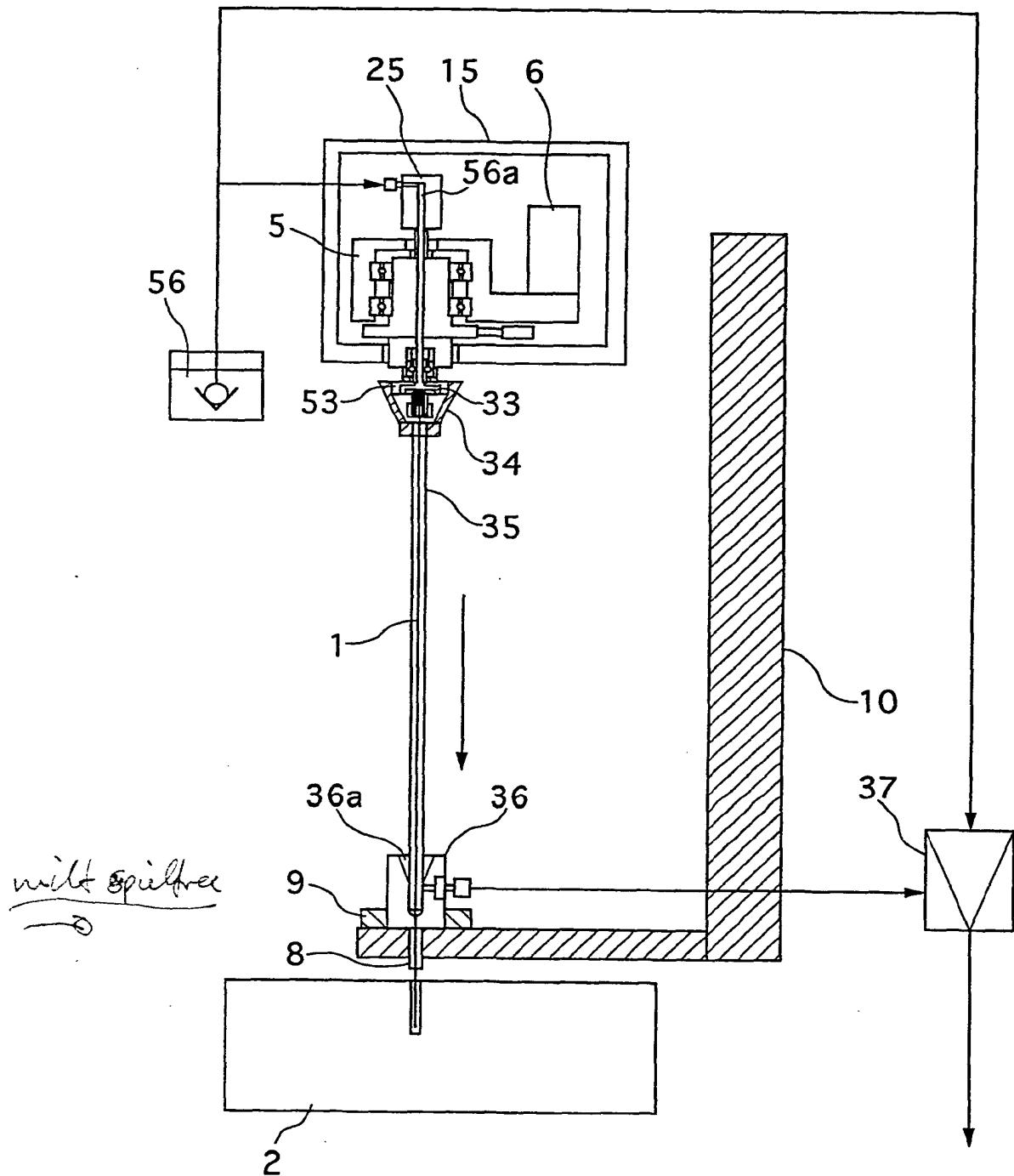


FIG. 14

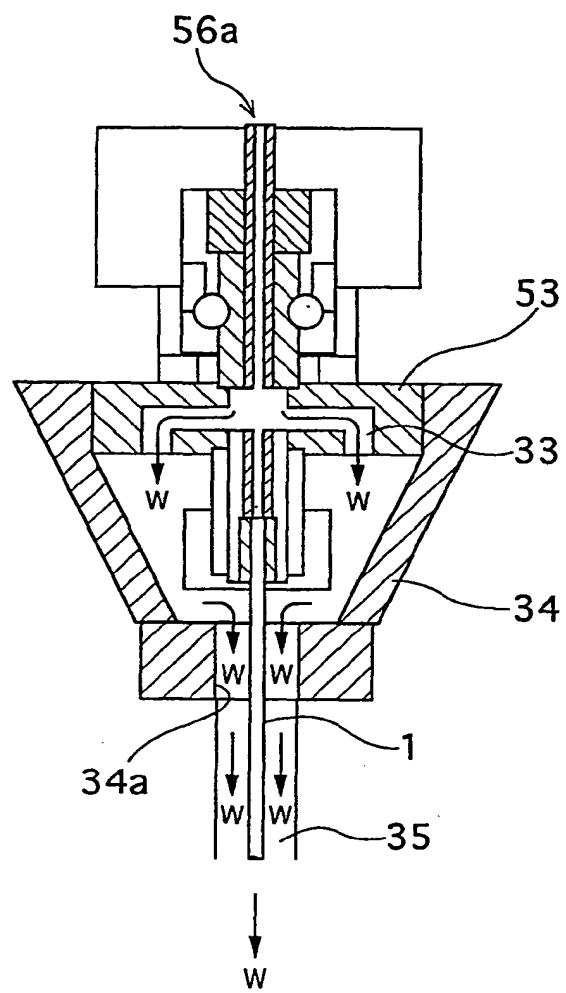


FIG. 15

